

Ing. C.J.M. Vernooy

Publ. No. 4.121

TOEPASSING VAN TOTAL ENERGY IN DE GLASTUINBOUW



SIGN: L26-4.121
EX. NO: B
MLV:

November 1988

Landbouw-Economisch Instituut

Afdeling Tuinbouw

158507

REFERAAT

TOEPASSING VAN TOTAL ENERGY IN DE GLASTUINBOUW

Vernooy, C.J.M.

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1988

Publikatie 4.121

ISBN 90-5242-002-5

66 p., fig., tab.

Een inventarisatie op vijftienveertig glastuinbouwbedrijven waar Total Energy (TE) wordt toegepast, geeft inzicht in de bedrijven, de typen TE's die voorkomen, de redenen om zelf stroom op te wekken, kosten en investeringen en hoe de installaties op de bedrijven draaien. Analyse van verzamelde gegevens wijst uit dat het gasverbruik per kWh geproduceerde elektriciteit nauw samenhangt met de produktie per uur en het percentage vollast.

Voor enkele typen TE's worden de kosten per geproduceerde kWh berekend bij verschillende vollastpercentages en uiteenlopende aantallen draaiuren per jaar. Daarnaast wordt ingegaan op levering van stroom aan het openbare net en op vergelijking van de eigen kWh prijs met de tarieven van het openbare net.

Glastuinbouw/Energie/Total Energy/Nederland

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Inhoud

Blz.

WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	9
2. EEN EERSTE INVENTARISATIE	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Glastuinbouwbedrijven met TE-installaties	10
2.3 Redenen voor het zelf opwekken van elektriciteit	11
2.4 Het geïnstalleerde elektrisch vermogen per bedrijf	13
2.5.1 De investeringen in TE-installaties	13
2.5.2 De onderhouds- en verzekeringskosten	15
2.6 De ervaringen met TE's op de bedrijven	17
2.7 Het totale geïnstalleerde vermogen in de tuinbouw	19
3. VERZAMELING VAN AANVULLENDE MEETGEGEVENS	21
3.1 Maandelijks verzameling van meetgegevens	21
3.2 Bedrijven waar meetgegevens zijn verzameld	21
3.3 Het verband tussen elektriciteitsproductie en gasverbruik	23
3.4 Ervaringen met TE's op de bedrijven waar gemeten is	27
4. KOSTEN BIJ ZELF OPWEKKEN VAN ELEKTRICITEIT	31
4.1 Vaste kosten van TE-installaties per geproduceerde kWh	31
4.2 Onderhouds- en verzekeringskosten per kWh	32
4.3 Gaskosten (minus warmteopbrengst) per kWh	33
4.4 De totale kosten per geproduceerde kWh	35
4.5 Prijzen van elektriciteit via het openbare net	36
4.6 Vergelijking van elektriciteitsprijzen van TE's en openbare net	39
4.7 Leveren van elektriciteit aan het openbare net	40
4.7.1 Tarieven voor levering aan het openbare net	40
4.7.2 Leveren van stroom aan het openbare net om doellastdraaien te voorkomen	42
4.7.3 Leveren van stroom aan het openbare net om meer draaiuren te maken	43
4.8 Vergelijking van elektriciteitsprijzen van TE's en openbare net bij verschillende energieprijzen	44

INHOUD (vervolg)

	Blz.
5. NIEUWE ONTWIKKELINGEN	46
5.1 Grotere belangstelling voor belichten	46
5.2 Aanpassing aan milieueisen	47
5.2.1 Nieuwe en beter afgestelde motoren	47
5.2.2 Verbeterde motoren door toepassing turbo-techniek	48
5.3 Andere ontwikkelingen	48
6. CONCLUSIES	50
LITERATUUR	65
BIJLAGEN	54-64
LEGENDA	66

Woord vooraf

De eerste Total Energy systemen (TE) deden ongeveer tien jaar geleden hun intreden in de glastuinbouw. Met deze TE-systemen wordt in aanvulling op de warmtevoorziening tevens voor het bedrijf benodigde elektriciteit opgewekt. Vooral in 1982 en 1983 breidde, mede onder invloed van het sectorbeleid van de energievoorziening, het gebruik van TE's zich uit.

In deze publikatie wordt de werking van TE-systemen beschreven en een overzicht gegeven van de ontwikkeling. Tevens zijn berekeningen opgesteld over de kosten van de opgewekte elektriciteit bij verschillende TE-systemen en uit de lopende belastingen, draaiuren per jaar en gasprijzen. Uit deze berekening wordt duidelijk waarom er in de praktijk uitgaande van de kosten van via het openbare net geleverde elektriciteit nog steeds belangstelling bestaat voor aanleg van grotere installaties.

De directeur,



J. de Veer

Den Haag, november 1988

Samenvatting

Bij het zelf opwekken van elektriciteit met Total Energy-installaties (TE's) komt ongeveer twee derde van de energie vrij in de vorm van nuttig te gebruiken warmte. In de glastuinbouw, waar in de winter veel warmte nodig is voor het verwarmen van de kas-sen, kan het bij een groot en continu stroomverbruik economisch interessant zijn de elektriciteit niet van het openbare net te betrekken, maar zelf te produceren.

In januari 1987 werd op ongeveer 150 gespecialiseerd glas-tuinbouwbedrijven met circa 200 aardgasgestookte TE's stroom op-gewekt tot een totale omvang van naar schatting 14,5 mW.

Een inventarisatie op vijfenveertig bedrijven wees onder an-dere uit dat de capaciteit van de installaties uiteen liep van 15 tot 751 kW elektrisch vermogen. Het gemiddelde lag op ongeveer 100 kW en gemiddeld was er voor ongeveer 190.000 gulden in TE's geïnvesteerd.

Jaarlijks verbruikten de bedrijven gemiddeld 390.000 kWh elektriciteit. Op bedrijven met een stroomverbruik boven het ge-middeld wordt veelal assimilatiebelichting toegepast bij lelies, rozen, potplanten, de opkweek van plantmateriaal of grondkoeling bij freesia's. Bij kleinere elektriciteitsverbruiken komen TE's voor op bedrijven met uiteenlopende hoofdteelten zoals chrysan-ten, tomaten, komkommers en paprika's. Een extra stroomverbruik kan ook worden veroorzaakt door warmtepompen en kolenstookinstal-laties.

Van twaalf bedrijven, met in totaal 15 TE's, werden een jaar lang maandelijks verschillende gegevens verzameld. Analyse van de gegevens wees uit dat er een verband bestaat tussen gasverbruik per kWh en het produktieniveau van de TE per uur in combinatie met het percentage vollast van de installatie. De volgende formu-le is daarbij van toepassing voor installaties met een elektrisch vermogen tot ongeveer 100 kW:

$$Y = 0,9196 - 0,1012 P - 0,00146 V \quad R^2 = 0,77$$

waarbij Y = aardgasverbruik in m³ per geproduceerde kWh van TE.

P = logaritme van de elektriciteitsproduktie in kWh per uur.

V = het percentage vollast.

Wanneer de installatie onder vollast draait, geldt V=100. In theorie is het mogelijk de capaciteit van een TE zo te kiezen dat bijvoorbeeld bij het belichten altijd onder vollast wordt gepro-duceerd. Ook de grotere installaties die hierbij worden toegepast blijken echter regelmatig in deellast te draaien. Vooral kleinere TE's draaien veel onder deellast. In de praktijk kwam het persen-tage vollast op ongeveer 72% uit. Berekeningen wijzen uit dat vooral deze kleinere installaties gunstiger draaien wanneer onder

vollast wordt geproduceerd en een deel van de elektriciteit aan het openbare net wordt geleverd.

Naast de brandstofkosten zijn er de kosten voor onderhoud en verzekering van de TE-installaties en de vaste kosten van rente en afschrijving. Van deze totale kosten moet de nuttig toegepaste warmte, die anders met de normale verwarmingsketel zou zijn opgewekt, worden afgetrokken.

In de volgende tabel worden de totale kosten per geproduceerde kWh weergegeven van TE-installaties met een elektrisch vermogen van 40, 80 en 160 kW. Dit is gedaan voor vollastniveaus van 60, 85 en 100 procent en voor uiteenlopende aantallen draaiuren per jaar.

Tabel 1 Totale kosten in cent per geproduceerde kWh van TE-installaties bij 80% warmtebenutting en een gasprijs van 20 ct/m³

Draaiuren	Elektrisch vermogen TE								
	40 kW			80 kW			160 kW		
	perc. vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur			perc. vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur			perc. vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur		
	60	85	100	60	85	100	60	85	100
	24	34	40	48	68	80	96	136	160
2000	30,1	21,9	18,8	24,1	17,6	15,5	18,7	14,2	12,8
3000	24,1	17,6	15,2	19,1	14,0	12,4	14,7	11,4	10,3
4000	21,1	15,5	13,3	16,6	12,2	10,9	12,6	10,0	9,1
6000	18,5	13,9	12,0	14,5	11,0	9,9	11,1	9,0	8,4
8000	17,0	12,8	11,1	13,8	10,1	9,2	10,5	8,3	7,8

Kleinere TE's blijken vooral als ze meer in deellast gaan draaien aanzienlijke duurdere stroom op te wekken dan de grotere installaties.

Zowel het percentage vollast als het aantal draaiuren per jaar hebben een grote invloed op de kWh prijzen van de TE-installaties. TE's die worden ingezet bij assimilatiebelichting maken per jaar ongeveer 3.000 à 4.000 draaiuren. Uitgaande van een vollastniveau van 85 procent bedragen de produktiekosten van een 80 kW installaties 12,2 tot 14,0 ct/kWh. De grotere installatie van 160 kW wekt zijn elektriciteit op tegen 10,0 tot 11,4 ct/kWh.

De tuinder moet deze prijzen vergelijken met de prijs die hij voor stroom van het openbare net moet betalen. In de meeste gevallen zal TE-stroom goedkoper zijn, omdat in de prijs van het openbare net ook de aansluitingskosten, zoals kabelverzwaring en transformatorvoorziening, moeten worden betrokken.

1. Inleiding

Tien jaar geleden werden in de glastuinbouw de eerste Total Energy-installaties 1) geplaatst om de op het bedrijf benodigde elektriciteit zelf op te kunnen wekken.

Bij het zelf opwekken van elektriciteit met TE-installaties wordt ook de vrijkomende warmte nuttig gebruikt. Daardoor kan het voor een tuinder met een relatief groot en continu stroomverbruik economisch interessant zijn de elektriciteit niet van het openbare net te betrekken, maar zelf te produceren.

Een TE-installatie levert ongeveer een derde deel van de energie in de vorm van elektriciteit en twee derde deel in de vorm van warmte. Doordat elektriciteit per energie-eenheid (kWh) meer kost dan warmte zijn de economische verhoudingen juist omgekeerd. De geldopbrengst aan elektriciteit bedraagt ongeveer twee derde deel van de totale waarde van wat een TE produceert. Ondanks het geringere economische belang van de warmte is het al of niet kunnen aanwenden van deze warmte van grote invloed op de rentabiliteit van TE's.

Om meer inzicht te krijgen in het voorkomen en de werking van TE-installaties op glastuinbouwbedrijven is in het najaar van 1985 op 45 bedrijven met TE's een inventarisatie gehouden. Direct daarop aansluitend zijn bij twaalf bedrijven, waar gasverbruik, elektriciteitsproductie en draaiuren van de TE's worden gemeten, maandelijks gegevens verzameld om na te gaan wat de TE's ook onder variërende omstandigheden presteren.

Met de gegevens uit inventarisatie en documentatie zijn, rekening houdend met de warmte-opbrengst, de produktiekosten per kWh elektriciteit berekend. Dit is gedaan bij uiteenlopende niveaus van stroomproductie.

Na een verslag over deze berekeningen komt in dit rapport een prijsvergelijking aan de orde van elektriciteit via het openbare net en stroom opgewekt met TE's. Tenslotte wordt ingegaan op een aantal toekomstige ontwikkelingen.

1) In het vervolg van deze publikatie zullen deze installaties kortweg TE's genoemd worden.

2. Een eerste inventarisatie

2.1 Inleiding

Om meer inzicht te krijgen in het voorkomen en de werking van TE-installaties op glastuinbouwbedrijven is eind 1985 een inventarisatie gehouden. Hiervoor zijn ongeveer 90 bedrijven aangeschreven, waarvan bij de voorlichting of via sectorbeleid bekend was dat plannen bestonden om zelf elektriciteit op te gaan wekken door middel van Total Energy.

Met behulp van een inventarisatieformulier werd getracht een antwoord te krijgen op de volgende vragen:

Op welke bedrijven komen TE-installaties voor?

Waarom is voor een TE-installatie gekozen?

Voor welke TE-installatie is gekozen?

Wat heeft de TE-installatie gekost?

Hoe draait de TE-installatie op het bedrijf?

In antwoord op ons verzoek zijn 45 ingevulde inventarisatie-formulieren binnengekomen. Daarnaast bleek dat twee ondernemingen waren opgeheven en dat op drie andere geen TE-installatie was geplaatst. Telefonische benadering van de niet deelnemers wees veelal uit dat men zich niet in staat achtte voldoende bruikbare gegevens te leveren, omdat niet gemeten werd.

2.2 Glastuinbouwbedrijven met TE-installaties

TE-installaties blijken vrijwel uitsluitend voor te komen op (grotere) bedrijven met een hoog elektriciteitsverbruik. Op slechts drie van de 45 bedrijven met TE-installaties kwam een lager verbruik voor dan 100.000 kWh per jaar, terwijl het gemiddelde verbruik van glastuinbouwbedrijven bij circa 45.000 kWh per jaar ligt.

Het grootste verbruik op de bedrijven met een TE-installatie was drie miljoen kWh, en het gemiddelde lag bij ongeveer 390.000 kWh. Vooral bedrijven met belichting van lelies, plantenopkweek- en potplantenbedrijven met TE's kennen topverbruiken; niet alleen door een hoog verbruik per vierkante meter, maar vaak ook door hun grote omvang.

Bedrijven met chrysanten, waar tijdens de wintermaanden belicht moet worden om de planten niet vroegtijdig bloem te laten vormen, komen natuurlijk ook in aanmerking voor het zelf opwekken van elektriciteit. Maar ook bedrijven met hoofdgewassen die helemaal niet zo kenmerkend zijn voor een hoog elektriciteitsverbruik hebben TE-installaties, bijvoorbeeld tomaten-, komkommer-, paprika-, rozen- en freesiabedrijven.

Op negen bedrijven is sprake van een hoger stroomverbruik doordat in (een belangrijk deel van) de warmtebehoefte wordt voorzien door kolenstook of warmtepomp. Ook de overgang naar substraatteelten gaat vaak gepaard met een toename van het elektriciteitsverbruik. Vergeleken met bedrijven met een TE die intensief belichten kennen deze bedrijven een lager stroomverbruik per vierkante meter. Toch komen ook hier soms grote TE-installaties voor, maar dan is sprake van grote oppervlakten glas, of van een elektrisch aangedreven warmtepomp.

Bij vrijwel alle in de inventarisatie betrokken bedrijven met een hoog elektriciteitsverbruik per m² is belichting belangrijk. Vooral op leliebedrijven wordt vrijwel alle opgewekte elektriciteit gebruikt voor belichting. Eén van de twee freesiabedrijven kent een hoog verbruik door de toepassing van grondkoeling.

Figuur 2.1 geeft een indruk van de bedrijven waarop de TE-installaties voorkomen. Maar liefst 23 bedrijven hebben een stroomverbruik van 100.000 tot 250.000 kWh per jaar. Linksonder in de figuur is dit een hele kluwen van paprika-, komkommer-, tomaten-, rozen- en chrysantenbedrijven, maar ook potplantenbedrijven met relatief klein verbruik.

Op bedrijven met een groot elektriciteitsverbruik, hetgeen veelal samengaat met een groter geïnstalleerd TE-vermogen, worden lelies en potplanten geteeld, of ze zijn in te delen bij de groep planten opkweekbedrijven. Ook verwerkingsbedrijven van bloembollen hebben een groot stroomverbruik.

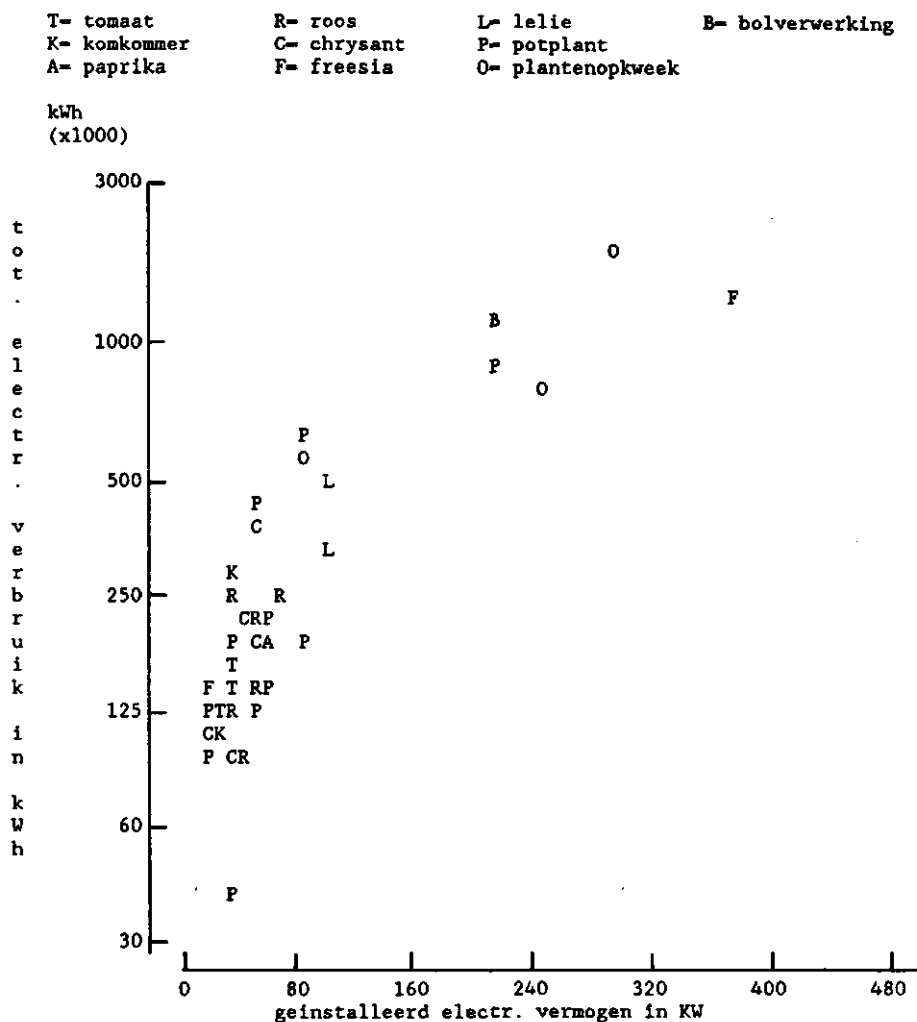
2.3 Redenen om zelf elektriciteit op te wekken

Bijna alle ondernemers noemen meer redenen voor het zelf opwekken van hun stroom. Voor ruim de helft was de hoogte van het verbruik en/of de prijs die voor de stroom van het net moet worden betaald doorslaggevend, maar daarnaast worden ook andere redenen genoemd zoals het voorkomen van kabelverzwaring, de grotere bedrijfszekerheid, uitsparen van een noodvoorziening, het beperken van de piekbelasting waardoor de vermogensvergoeding kleiner uitvalt.

Naast het vermijden van kabelverzwaring werd op een bedrijf door de benutting van de warmteopbrengst van de TE voorkomen dat de ketelcapaciteit moest worden uitgebreid.

Bij het afsluiten van een gewasverzekering wordt voor bepaalde gewassen de aanwezigheid zijn van een noodaggregaat als eis gesteld. In acht gevallen spaarde de TE-installatie de aanschaf van een noodaggregaat uit, maar twee maal werd er op gewezen dat de TE de noodvoorziening niet overbodig maakte.

Op veertien bedrijven zijn TE's geïnstalleerd, mede doordat het verwarmingssysteem een verandering onderging. In twaalf gevallen komt nu een warmtepomp voor, één bedrijf past nu kolenstook toe en een ander bedrijf schakelde over van hetelucht naar buisverwarming.



Figuur 2.1 Verband tussen het geïnstalleerd elektrisch vermogen in kW van TE-installaties en het totale elektriciteitsverbruik in kWh per jaar (weergegeven in een logaritmische schaal) op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Door enkele ondernemers wordt het afvlakken van de piekbelasting als belangrijkste motief voor het zelf opwekken van elektriciteit genoemd. De vermogensvergoeding die de elektriciteitsbedrijven over het hele jaar in rekening brengen kan, door tijdens piekverbruiken zelf de stroom op te wekken, worden beperkt.

2.4 Het geïnstalleerde elektrisch vermogen per bedrijf

TE-installaties worden door verschillende fabrikanten en installateurs in uiteenlopende vermogensklassen aangeboden. De meeste installateurs bieden apparaten aan in vrijwel alle vermogensklassen. Enkelingen zijn gespecialiseerd in bijvoorbeeld de lichtste of juist de zwaarste installaties. Afhankelijk van de bedrijfssituatie zal de ondernemer een keuze maken uit het grote aanbod.

De 45 ondernemers die aan de inventarisatie deelnamen hebben totaal 58 TE-installaties geplaatst, variërend van TE's met een elektrisch vermogen van 15 kW tot zware generatoren die meer dan 400 kW stroom kunnen opwekken.

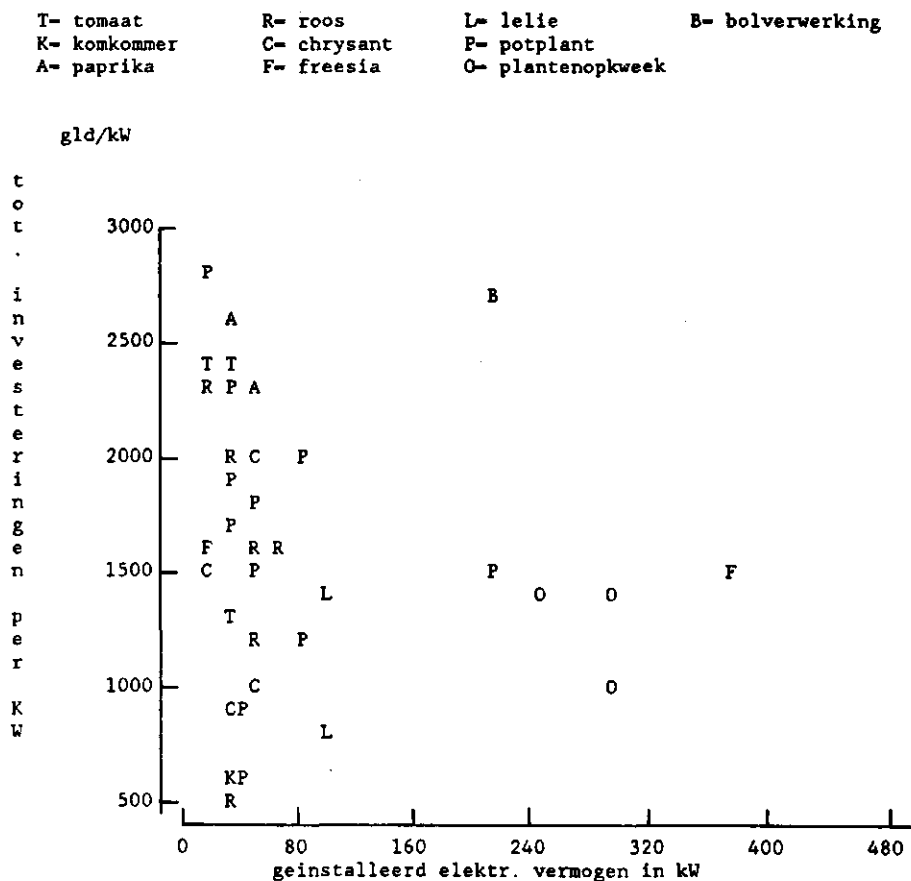
Op zeven bedrijven met een wat groter geïnstalleerd elektrisch vermogen komen twee installaties voor en drie bedrijven hebben zelfs drie TE's. Deze bedrijven hebben het totale vermogen veelal verdeeld over TE's met een ongelijke capaciteit. Het voordeel hiervan is dat, afhankelijk van de vraag naar elektriciteit, die apparaten worden ingeschakeld waarvan de produktie het beste aansluit. Het totaal geïnstalleerd elektrisch vermogen per bedrijf loopt uiteen van 15 kW tot 751 kW. Het gemiddelde ligt op circa 106 kW.

2.5.1 De investeringen in TE-installaties

De vragen die bij de inventarisatie zijn gesteld, boden wat betreft de investeringsbedragen onvoldoende duidelijkheid. Meestal werden de totale investeringen vermeld, maar soms de netto investering, dus na aftrek van ontvangen subsidies en dergelijke. Waar dit achterhaald kon worden zijn deze bedragen ook naar totale investeringen omgerekend.

Per bedrijf lopen de totale investeringen in TE-installaties uiteen van circa 15.000 gulden tot meer dan één miljoen gulden. Gemiddeld is er voor bijna 190.000 gulden per bedrijf in TE's geïnvesteerd. In deze bedragen zijn niet alleen de investeringen in de kale unit, maar ook die voor synchronisatie en voor installatie- en aansluiting binnen het bedrijf opgenomen. Op de meeste bedrijven waren de TE's op eenvoudige wijze in te passen, maar soms bleken de bijkomende bedragen flink op te lopen.

Uitgedrukt per kW geïnstalleerd elektrisch vermogen blijkt de spreiding aanzienlijk te zijn. De goedkoopste installaties waren enkele reeds eerder gebruikte TE's die een investering van minder dan 800 gulden per kW vroegen. De meeste apparaten vergden



Figuur 2.2 Verband tussen het geïnstalleerd elektrisch vermogen in kW en de totale investeringskosten per kW geïnstalleerd elektrisch vermogen van TE-installaties op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

een investering van 1.500 tot 2.000 gulden per kW, maar uitschieters tot 3.000 gulden kwamen ook voor. Vooral bij installaties met een capaciteit van minder dan 100 kW blijkt de spreiding erg groot te zijn. Boven de 200 kW lijkt het investeringsbedrag zich wat stabielier rond de 1.500 gulden te bewegen (figuur 2.2).

Natuurlijk hangt een deel van de grote spreiding samen met de fabrikant of de leverancier van de TE-installaties. Daarnaast wordt een belangrijk deel van de prijsverschillen veroorzaakt door het type vermogensregeling. Installaties die parallel aan het net worden geschakeld worden door de noodzakelijke synchronisatie relatief duur. Dit geldt in het bijzonder voor kleinere installaties die stroom aan het openbare net moeten terugleveren.

Uit de gegevens die zijn weergegeven in figuur 2.3 is niet op te maken dat de geïnvesteerde bedragen per kW in de loop der jaren lager zijn geworden.

2.5.2 De onderhouds- en verzekeringskosten

Een belangrijke kostenpost van TE-installaties wordt gevormd door de onderhouds- en verzekeringskosten. De meeste leveranciers sluiten onderhoudscontracten af die voor een totaal aantal draai-uren of een bepaalde tijd worden aangegaan. Vaak is dat een periode van tien jaar. Het contract houdt dan vaak in dat de eerste motorrevisie is opgenomen. De bij de inventarisatie opgegeven bedragen gelden dan inclusief dit "preventieve" onderhoud en de kosten van verzekering tegen motorbreuk, brand en diefstal. De contractprijs geldt veelal per draaiuur, waarbij nog de smeeren carterolie extra in rekening wordt gebracht. Bij TE-installaties waarvoor geen onderhoudscontract is afgesloten werd slechts opgegeven wat het laatste jaar of de laatste jaren aan onderhoudskosten is uitgegeven.

Tabel 2.1 Aantal glastuinbouwbedrijven met een TE-installatie, ingedeeld naar geïnstalleerd elektrisch vermogen en onderhoudskosten per draaiuur

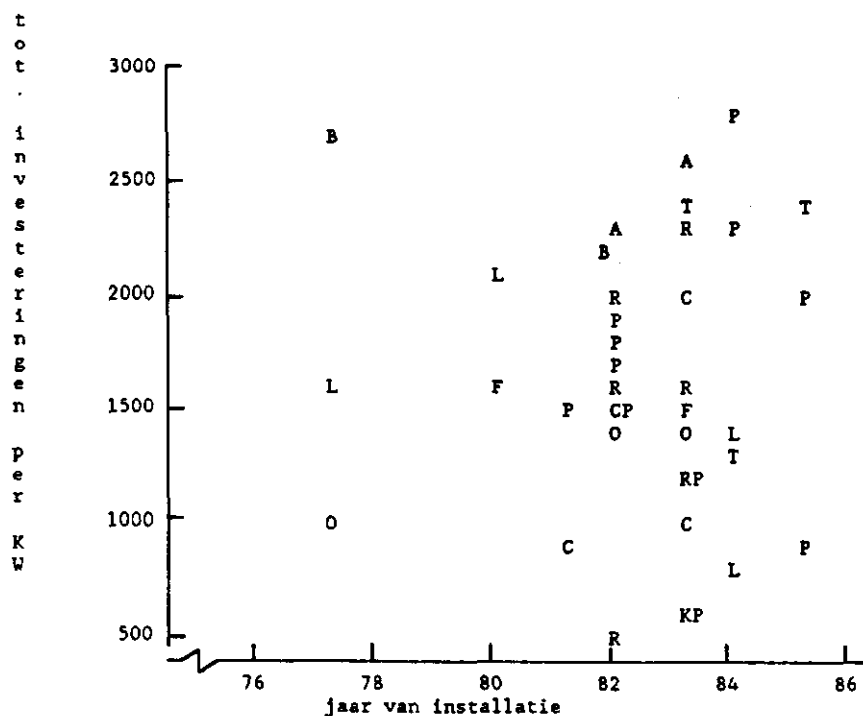
Onderhouds- kosten	Vermogensklasse				Totaal
	<25kW	25-50 kW	50-200 kW	>200 kW	
<80CT	0	3	0	0	3
80-100	7	1	0	0	8
100-120	1	3	0	0	4
120-160	0	2	2	0	4
160-200	0	1	2	2	5
200-400	0	1	1	0	2
<400CT	0	0	0	2	2
Totaal	8	11	5	4	28

T- tomaat
K- komkommer
A- paprika

R- roos
C- chrysant
F- freesia

L- lelie
P- potplant
O- plantenopkweek

B- bolverwerking



Figuur 2.3 Verband tussen het jaar van investeren en de totale investeringskosten per kW elektrisch vermogen van TE-installaties op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Van 28 bedrijven konden de onderhoudskosten per draaiuur worden berekend. Gemiddeld bedroegen de kosten ongeveer twee gulden per uur, maar de spreiding was vooral bij het ontbreken van contracten groot. Een installatie die goed draaide kostte slechts twintig cent, terwijl een pechvogel omgerekend meer dan vijftien gulden per uur moest neertellen.

In tabel 2.1 zijn de bedrijven ingedeeld naar onderhoudskosten per uur en vermogensklasse. Beneden 25 kW lagen de kosten veelal tussen de tachtig cent en een gulden per draaiuur. Voor de zwaardere vermogensklassen moet per draaiuur steeds een hoger bedrag worden betaald, maar uitgedrukt per kWh produktie zijn de grotere installaties duidelijk beter uit. Belangrijke redenen hiervoor zijn waarschijnlijk het lagere toerental, de zwaardere uitvoering en de relatief geringere voorrijkosten bij de grotere motoren. Het verschil in onderhoudskosten zal in de komende jaren nog wat groter worden, omdat de onderhoudscontracten die momenteel afgesloten worden juist voor de kleinere installaties duurer gaan uitvallen, terwijl bij de grotere motoren de prijzenslag nog niet is uitgewoed. Voor deze grotere installaties gelden reeds onderhoudscontracten tegen bijna 1,5 ct per kWh.

De verzekeringskosten zijn volgens opgave van de meeste ondernemers opgenomen in de onderhoudscontracten. Op andere bedrijven was de verzekering ondergebracht in die van de totale bedrijfsuitrusting. Bij veertien bedrijven werd echter een aparte verzekering afgesloten waarvan de kosten uiteenliepen van vijftig tot enkele duizenden guldens. Momenteel worden vaak verzekeringen afgesloten tegen een premie van ongeveer drie promille van het investeringsbedrag.

2.6 De ervaringen met TE's op de bedrijven

De eerste TE-installaties werden in 1977 in gebruik genomen. Dit waren grote toestellen die op bedrijven met een groot verbruik werden geplaatst. In de latere jaren deden ook apparaten met een geringere capaciteit hun intrede.

Het hoogtepunt van de investeringen lag in de jaren 1982 en 1983 (zie ook figuur 2.3), toen subsidie werd verleend in het kader van het sectorbeleid. De investering in TE-installaties telde daarbij ook mee voor het behalen van de vereiste energiebesparing van 20%. Ook nu de sectorpremie niet meer geldt wordt nog volop in TE-installaties geïnvesteerd. Voor een belangrijk deel zal dit zijn oorzaak hebben in het over het algemeen probleemloos functioneren van de installaties en de belangstelling die is ontstaan voor het belichten van tuinbouwgewassen.

Bij slechts enkele bedrijven deden zich in het begin wat moeilijkheden voor rond de vermogensregeling en de afstelling, en een enkele ondernemer was uitgeproken ontevreden over Total Energy.

Het aantal draaiuren dat de installaties op de glastuinbouw-bedrijven maken loopt uiteen van circa 2000 tot 8600 uur, met een gemiddelde van 5515 uur per jaar (tabel 2.3). Hoeveel uur een installatie op een bedrijf maakt is sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie.

Op bedrijven met een groot en constant verbruik van elektriciteit kan het aantal draaiuren groot zijn, maar wordt de installatie gekoppeld aan het belichtingsnet dan blijft de inzet meestal beperkt tot 3000 à 4000 uur per jaar. Vaak gaat de TE in het najaar (september/oktober) draaien en loopt dan continu tot het voorjaar (maart/april). Een groot deel van het jaar worden de installaties dan buiten werking gesteld.

De meeste installaties (70%) draaien parallel aan het openbare net en de helft hiervan levert elektriciteit aan het net terug op momenten dat er op het bedrijf wat minder stroom wordt afgenomen.

Het gedeelte van de opgewekte stroom dat aan het net wordt teruggeleverd in meestal gering (minder dan 10%), maar ongeveer een kwart van de terugleveraars levert meer dan een derde aan het net. Zonder speciaal teruglevertarief bij pieklevering is dat niet interessant. Slechts één bedrijf had zo'n speciaal tarief, waardoor voor de elektriciteit die tijdens de piektariefuren aan het net werd geleverd dezelfde prijs wordt ontvangen als voor de afgenomen nachtstroom moet worden betaald.

Parallel geschakelde bedrijven zonder teruglevering aan het net voorzien in de regel met de eigen opgewekte stroom in de basisbehoefte. Bij "eilandbedrijf" wordt een apart bedrijfsgedeelte, bijvoorbeeld de belichting, door middel van een apart leidingnet op de TE-installatie aangesloten, terwijl andere delen van het bedrijf door het openbare net worden gevoed. Het is echter ook mogelijk dat een installatie in eilandbedrijf de gehele

Tabel 2.2 Geïnstalleerd elektrisch vermogen van TE-installaties op glastuinbouwbedrijven, ingedeeld naar vermogensklasse en typeregeling (tussen haakjes is het aantal bedrijven vermeld)

Vermogens- klasse	Type regeling			Totaal gem.
	parallel met terug- levering	parallel zonder te- rug levering	eiland bedrijf	
<50 kW	28 (11)	38 (10)	38 (7)	34 (28)
50-200	115 (3)	94 (3)	138 (2)	113 (8)
>200 kW	329 (2)	230 (2)	529 (3)	386 (7)
Gem. vermogen	82 (16)	75 (15)	177 (12)	107 (43)

Tabel 2.3 (Glas)tuinbouwbedrijven met TE-installaties ingedeeld naar hoofdgewas en hun berekende kengetallen (ongewogen gemiddelden)

Hoofd-gewas	Aantal bedr.	Gem. opp. are	m3 gasvb/ m2	kWh elektr/ m2	Geïnst verm. in kW	Perc. voor belicht	Draai-uren/ jaar
tomaat	3	19	48	7,8	24	43	5570
komkommer	2	25	51	10,0	36	0	6000
paprika	2	10	39	16,0	42	0	.
roos	6	24	42	10,3	42	27	6580
chrysant	5	16	34	12,1	35	57	4640
freesia	2	30	29	22,5	194	5	5500
lelie	5	22	39	45,4	374	85	4070
potplanten	14	18	43	16,0	67	31	5720
plantopkW	4	39	80	66,9	225	35	5800
bolverwerk	1	-	-	-	200	10	8000
Totaal/Gem.	44	22	43	20,0	108	38	5515

stroomvoorziening van het bedrijf tijdelijk overneemt. Het net wordt daarbij volledig uitgeschakeld, dus er wordt ook niet teruggeleverd.

2.7 Het totale geïnstalleerde vermogen in de tuinbouw

Slechts de helft van de bedrijven waarvan begin 1984 bekend was dat ze met TE-installaties zelf elektriciteit opwekten, heeft deelgenomen aan de inventarisatie. Van het deel dat niet deelnam is uit gegevens van het sectorbeleid en uit opgaven van installateurs bekend dat het geïnstalleerde vermogen niet wezenlijk afweek van de groep bedrijven die wel aan de inventarisatie meedeed. Het gaat echter te ver om daaruit de conclusie te trekken dat de groep deelnemers representatief zou zijn voor het geheel. Het is immers mogelijk dat op bedrijven die aan de inventarisatie deelnamen de TE's beter draaien dan bij de groep die niet respondeerde.

Ook over hetgeen na 1984 in de tuinbouw is geplaatst kan via de opgave van installateurs, collega tuinders en voorlichtingsdienst inzicht worden verkregen. In totaal was er begin januari 1987 ongeveer 14,5 MW elektrisch TE vermogen in de tuinbouw geïnstalleerd (tabel 2.5).

Daarnaast was ook ongeveer 4,5 MW decentraal elektrisch TE-vermogen door derden bij glastuinbouwbedrijven geplaatst. De elektriciteit van deze TE's wordt vrijwel uitsluitend aan het openbare net afgegeven en alleen de geproduceerde restwarmte gaat naar de kassen (Benninga, 1987).

*Tabel 2.5 Schatting van het geïnstalleerde TE-vermogen (MW) op
tuinbouwbedrijven (1 januari 1987)*

	Elektrisch vermogen	Thermisch vermogen
Volgens inventarisatie	4,5	9
Buiten "	5,4	11
Na 1-1-1984	4,6	10
Totaal	14,5	30
Door elektr.bedr. die alleen warmte aan tuinbouw leveren (4,5)		8
Totaal	19	38

Inclusief de warmte bedraagt het tot 1987 aan de tuinbouw afgegeven TE-vermogen ongeveer $(38 + 14,5)$ 52,5 MW. Ook na 1 januari 1987 kan er geen teruggang in het aantal investeringen worden waargenomen. De nadruk ligt daarbij vooral op de grotere installaties. Voor een flink deel betreft het hier uitbreidings- en vervangingsinvesteringen.

Naar schatting komen op ongeveer 150 tuinbouwbedrijven ruim 200 TE-installaties voor met een gemiddeld geïnstalleerd elektrisch vermogen van bijna 100 kW per bedrijf.

3. Verzameling van aanvullende meetgegevens

3.1 Maandelijks verzameling van meetgegevens

De gegevens die met de inventarisatie zijn verkregen lieten vooral rond de elektriciteitsproduktie en het gasverbruik de nodige vragen open. Vooral inzicht in het draaien onder deellast ontbreekt en bovendien mocht in een aantal gevallen getwijfeld worden aan de betrouwbaarheid van de inventarisatiegegevens op het punt van produktie en verbruik. Ook van bedrijven waarvan werd opgegeven dat eigen meetgegevens beschikbaar waren had de opgave vaak teveel weg van de prestaties zoals ze door de leverancier worden verstrekt. Dit was mede aanleiding om van een aantal bedrijven na afloop van de inventarisatie maandelijks gegevens te verzamelen.

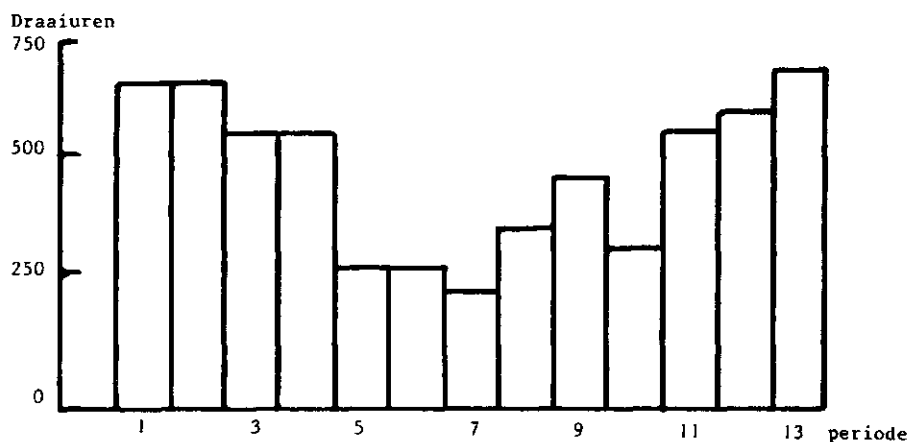
Daardoor zou bovendien meer bekend worden over het verloop van produktie en verbruik gedurende het jaar. Daarom werd besloten gedurende een jaar maandelijks de meterstanden op te nemen van de draaiuren, de eigen kWh produktie, het gasverbruik van de TE's, de teruglevering van stroom aan het openbare net en zo mogelijk van de aanvullende levering door het net.

3.2 De bedrijven waarvan meetgegevens zijn verzameld

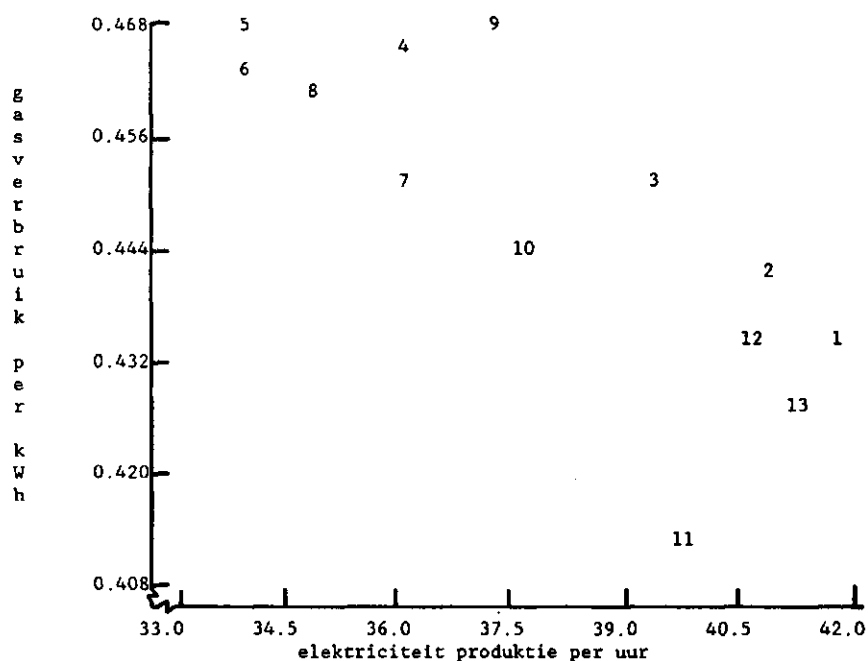
Ondernemers die hebben deelgenomen aan de inventarisatie en daarbij hebben opgegeven dat elektriciteitsproduktie en gasverbruik van de TE-installaties werden gemeten zijn benaderd om maandelijks gegevens te verstrekken. Hierbij is geen selectie toegepast. Dat kon ook moeilijk omdat het aantal bedrijven waar gemeten wordt niet erg groot is.

Op het grootste deel van de bedrijven met TE-installaties wordt niet nagegaan wat de TE's verbruiken omdat de meters daarvoor ontbreken. Enkele bedrijven vielen af omdat de gasmeter niet alleen het verbruik van de TE-installatie registreerde, maar ook van andere kleine apparatuur. Omdat het niet eenvoudig was voldoende bedrijven te vinden zijn ook installaties die voor de metingen eigenlijk minder geschikt waren meegenomen. Hiertoe horen onder andere drie TE-installaties die op Dual Fuel, een combinatie van gas en dieselolie, lopen. Het verbruik aan dieselolie van deze installaties was, ook op langere termijn niet altijd precies vast te stellen. Het dieselolieverbruik is daarbij volgens verbrandingswaarde omgerekend naar aardgas. Dit is ook gedaan voor een installatie die uitsluitend met dieselolie wordt gevoed (bedrijf nr. 10).

Op bedrijf nr. 9 waren in totaal vier TE's opgesteld. Twee identieke installaties met Dual Fuel motoren en met een elek-



Figuur 3.1a Aantal uren dat de TE-installaties per periode op bedrijf 1 in 1985 draaide



Figuur 3.1b Verband tussen elektriciteitsproductie per uur en gasverbruik per kWh van de TE-installatie op bedrijf 1 in 1985 in de verschillende perioden van het jaar

trisch vermogen van elk 120 kW waren samen aangesloten op een enkele gasmeter. Van de twee andere TE's met een elektrisch vermogen van elk 64 kW werd het gasverbruik ook samen gemeten. Alle kengetallen van deze installaties zijn gemiddeld per twee installaties berekend, zodat het lijkt alsof het slechts twee installaties betreft.

Uiteindelijk waren twaalf bedrijven min of meer geschikt en bereid maandelijks van zestien TE-installaties gegevens op te nemen en beschikbaar te stellen. Van twee bedrijven (nr. 1 en 7) waren ook de gegevens van het voorgaande jaar bruikbaar. In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste kengetallen die over het gehele jaar zijn berekend.

Van drie typen bedrijven zijn steeds twee figuren opgenomen. De figuren 3.1a, 3.2a en 3.3a geven per periode weer hoeveel draaiuren de TE's maakten. Op het chrysantenbedrijf (nr. 1) loopt het aantal draaiuren in de zomermaanden terug tot ongeveer een derde van 's winters. Het plantenopkweekbedrijf waar assimilatiebelichting wordt toegepast zet de installaties zomers stil, terwijl bedrijf nr. 12 waar de TE-installatie alleen in de basisbehoefte voorziet vrijwel het gehele jaar continu draait.

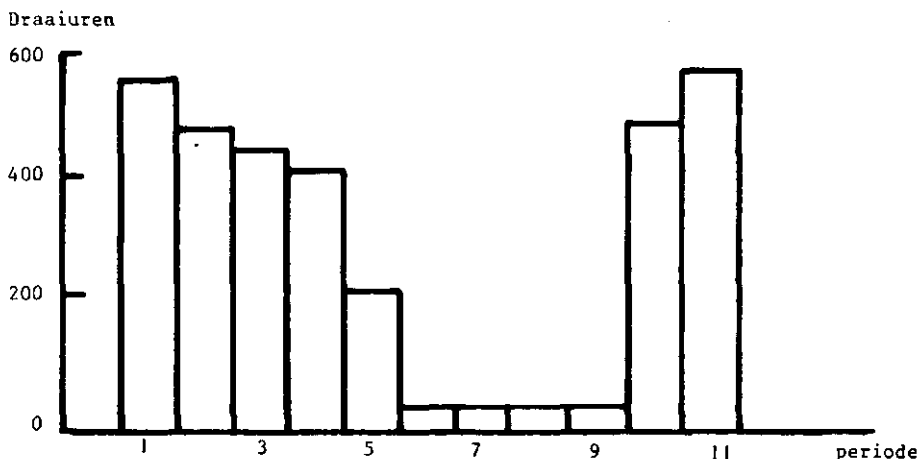
In de figuren 3.1b, 3.2b en 3.3b zijn elektriciteitsproductie en gasverbruik per kWh geproduceerde elektriciteit van de genoemde bedrijven tegen elkaar uitgezet. Op alle bedrijven blijkt een duidelijk verband te bestaan. Hierop wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

3.3 Het verband tussen elektriciteitsproductie en gasverbruik

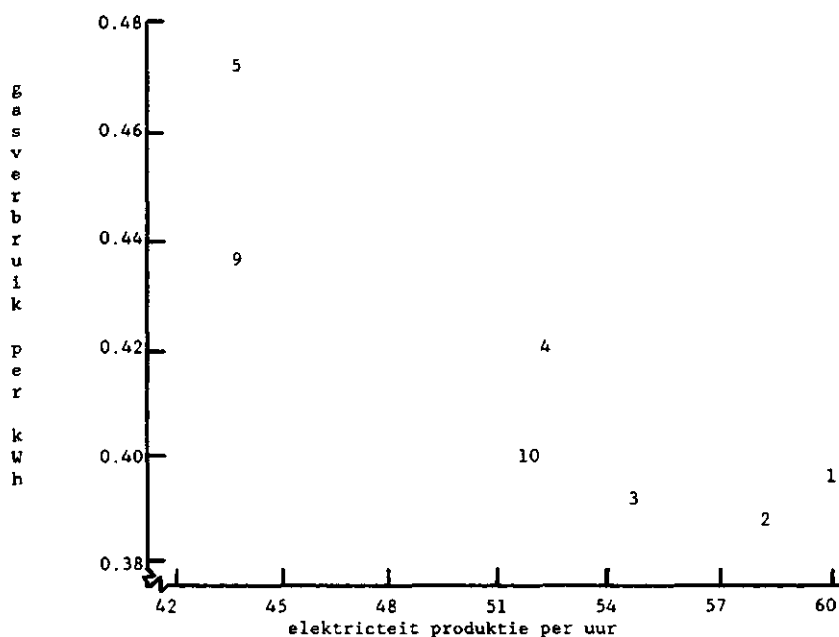
Gemiddeld over alle draaiuren die de TE-installaties gedurende het jaar maakten liep de elektriciteitsproductie uiteen van 15 kWh tot bijna 75 kWh per uur. Daarmee werd gemiddeld over alle installaties bij ongeveer 70% van het vollast vermogen geproduceerd. Wordt elektriciteit opgewekt om te belichten, dan is de produktie - zeker als steeds met een gelijk aantal groepen wordt belicht - beter aan te passen aan het verbruik. De motoren kunnen dan meer onder vollast draaien. Uit tabel 3.1 valt op te maken dat het niet meevalt om meer dan 85% van het vollastniveau te halen.

Van TE-installaties met Dual Fuel motoren is het maximale vermogen dat kan worden geproduceerd begrensd. Dit is gedaan om de onderhoudskosten van dit type motoren te beperken. De verstui-vers, waarmee per uur zo'n vier tot vijf liter dieselolie wordt ingespoten, schijnen minder goed bestand te zijn tegen de hogere temperaturen die bij het gebruik van aardgas optreden.

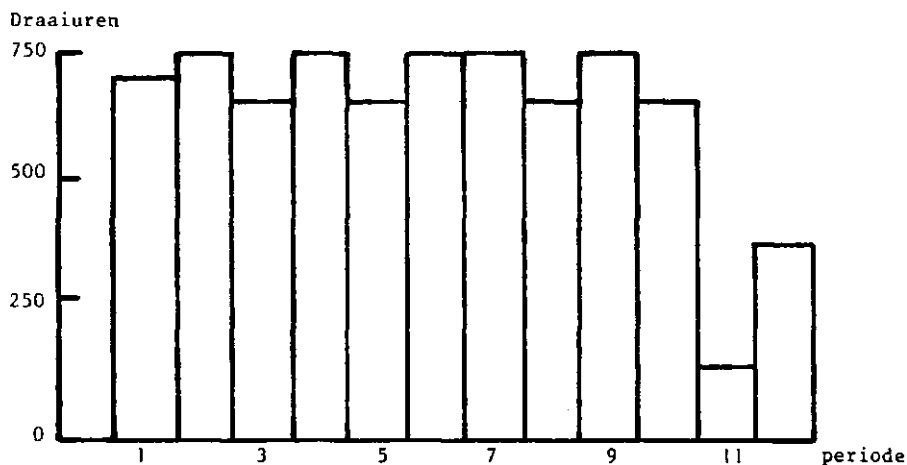
Motoren die alleen op aardgas of dieselolie lopen hebben geen problemen om op vollastniveau te produceren. Het meer of minder draaien onder vollastcondities is belangrijk voor het gasverbruik. Dat het vollastniveau belangrijk is voor de hoogte van het gasverbruik blijkt vooral wanneer de elektriciteitsproductie



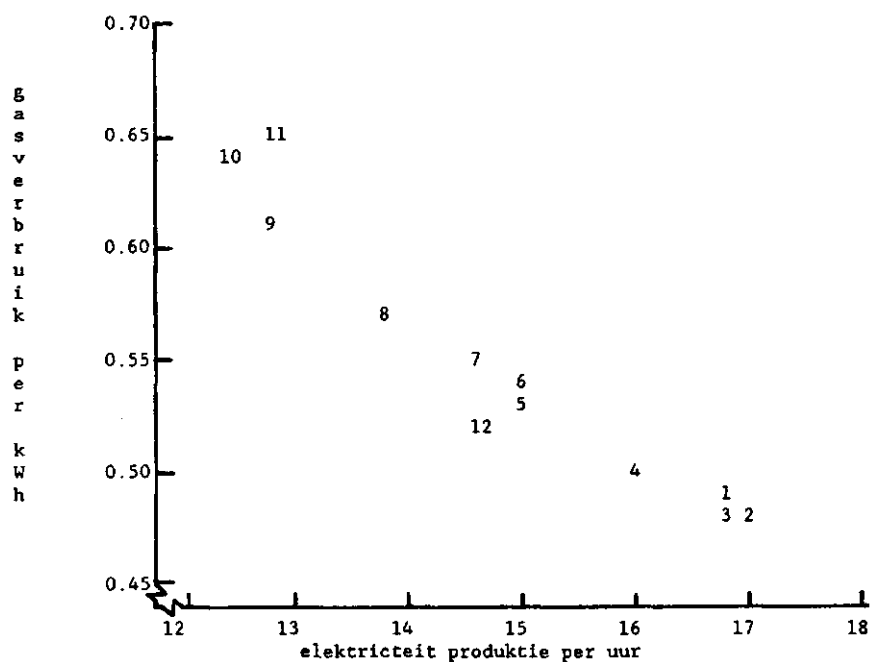
Figuur 3.2a Gemiddeld aantal uren dat de twee TE-installaties van elk 64 kW per periode op bedrijf 9 in 1986 draaiden



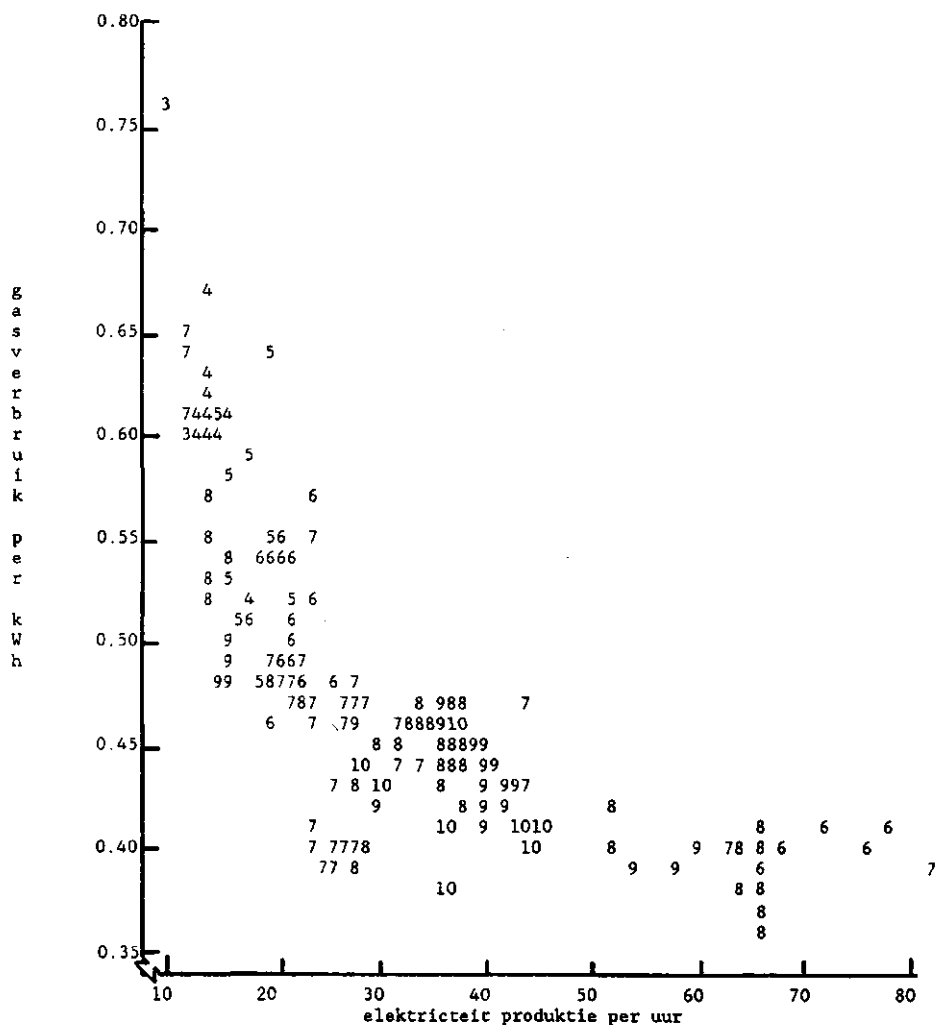
Figuur 3.2b Verband tussen de gemiddelde elektriciteitsproductie per uur en gasverbruik per kWh van de TE-installaties op bedrijf 9 in de verschillende perioden van het jaar



Figuur 3.3a Aantal uren dat de TE-installatie per periode op bedrijf 12 draait



Figuur 3.3b Verband tussen elektriciteitsproductie per uur en gasverbruik per kWh van de TE-installatie op bedrijf 12 in de verschillende perioden



Figuur 3.4 Gasverbruik per geproduceerde kWh van TE-installaties bij verschillende produktieniveaus van elektriciteit

per uur wordt uitgezet tegen het gasverbruik per geproduceerde kWh (figuur 3.4).

Bij een elektriciteitsproduktie van meer dan 50 kWh per uur ligt het gasverbruik per kWh tussen 0,35 en 0,45 m³.

Vooraf bij lagere produktieniveaus is de spreiding in het gasverbruik per m³ groot en vooral hier is te zien dat het gasverbruik van installaties die vrijwel onder vollast draaien (met cijfer 8 of 9) aanzienlijk gunstiger is dan dat van TE's met een cijfer 4 of 5. Dat deze installaties zo ver beneden hun vollast-niveau draaien houdt verband met het niet goed afstemmen van de elektriciteitsproduktie en het verbruik binnen het bedrijf. Een installatie die zijn elektriciteit niet goed binnen het bedrijf kwijt kan moet meer onder deellast gaan draaien of moet het teveel aan elektriciteit aan het openbare net terugleveren.

Uit figuur 3.4 is al op te maken dat er een verband bestaat tussen gasverbruik per kWh, de elektriciteitsproduktie per uur en het percentage van het vollastvermogen waarop de installatie draait. Berekeningen, die zijn uitgevoerd met de methode van de multiple regressie, wijzen uit dat het gasverbruik per kWh voor installaties tot ongeveer 100 kWe het best kan worden verklaard met de functie:

$$Y = 0,9196 - 0,1012 \times P - 0,00146 \times V$$

$$\text{standaardfout} \quad (\pm 0,0214) \quad (\pm 0,00734) \quad (\pm 0,00215)$$

$$T\text{-toets} \quad + 43,0 \quad - 13,8 \quad - 7,1$$

$$r^2 = 0,77$$

waarbij Y = gasverbruik per geproduceerde kWh in m³ aardgas
P = logaritme van de elektriciteitsproduktie per uur
V = percentage van het vollastvermogen

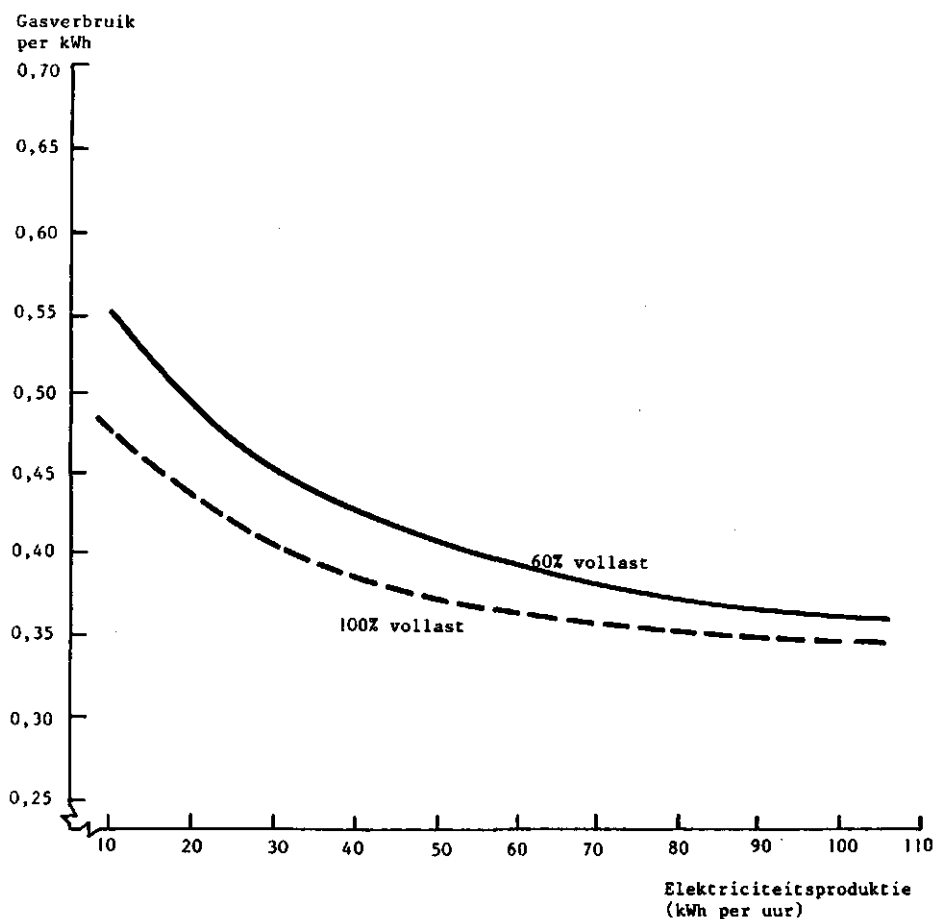
De verschillen in gasverbruik per kWh kunnen met bovenstaande formule voor 77% worden verklaard.

Grotere TE-installaties die onder vollast produceren hebben een gasverbruik van ongeveer 0,35 m³ per geproduceerde kWh elektriciteit, bij kleinere installaties kan dit toenemen tot bijna 0,5 m³ per kWh. Wanneer onder doellast wordt gedraaid dan neemt het gasverbruik per geproduceerde kWh toe. Bij een niveau van 60% deellast is dat gemiddeld bijna 0,6 m³/kWh.

De grotere vermogens waren in het onderzoek wat minder vertegenwoordigd en de indruk was dat de grotere installaties bij deellastdraaien een geringere stijging van het gasverbruik per kWh geven (figuur 3.5).

3.4 Ervaringen met TE's op de bedrijven waar gemeten is

Gemiddeld draaien de installaties op ongeveer 70% van het vollastniveau en dat beeld komt aardig overeen met wat de inven-



Figuur 3.5 Verband tussen gasverbruik in m³ per kWh en elektriciteitsproductie per uur van TE-installaties in de glastuinbouw bij circa 60% en 100% van het vollastvermogen

tarisatie liet zien. Wij zagen in het voorgaande reeds dat de mogelijkheden van de bedrijven om meer onder vollast te kunnen produceren beperkt zijn. Alleen bedrijven die een hoog en constant stroomverbruik hebben en de capaciteit van hun TE-installatie(s) daarop afstemmen zijn in staat daaraan tegemoet te komen.

Theoretisch is het mogelijk om op een bedrijf waarbij belichtingsinstallatie en TE-capaciteit precies bij elkaar passen en waarbij tijdens de winterperiode volgens een vast schema wordt belicht constant onder vollast te produceren. In de praktijk wordt aan dit ideaalbeeld meestal niet voldaan.

In perioden met meer instraling worden bepaalde gewassen niet meer belicht, terwijl dat in andere gevallen nog wel nodig is. Vaak is belichten ook gekoppeld aan een bepaald groeistadium van de plant in combinatie met een tekort aan instaling (Chrysant).

Hoe de TE-installaties op de afzonderlijke bedrijven draaien gedurende het jaar is in paragraaf 3 al aangegeven. Van enkele installaties is daarbij in de kleinere figuur weergegeven hoeveel draaiuren per periode wordt gedraaid en in de grote figuur wat de produktie per uur en het bijbehorende gasverbruik per kWh was. Daarbij komt naar voren dat de situatie van bedrijf tot bedrijf verschilt. Op de meeste bedrijven worden in de winterperiode de meeste draaiuren gemaakt. Dat hangt samen veelal samen met het stroomverbruik van de verwarmingsinstallatie en vooral met de capaciteit die nodig is voor belichting.

Bij andere bedrijven voorziet de TE-installatie alleen in het basisverbruik. De TE's draaien dan vrijwel altijd (bedrijf nr. 5 en 11), maar de eigen produktie maakt slechts een klein deel uit van het totale elektriciteitsverbruik.

Op bedrijven waar TE-installaties veel draaiuren maken en tevens voorzien in belangrijk deel van het elektriciteitsverbruik wordt vaak een flink deel van de geproduceerde elektriciteit aan het openbare net teruggeleverd (bedrijf nr. 2, 3 en 6).

Het zou in dit verband te ver voeren om van de afzonderlijke installaties een kostenvergelijking op te stellen tussen het betrekken van de stroom van het net en het zelf opwekken met TE-installaties. Teveel aspecten houden namelijk verband met de eigen specifieke situatie en beslissingen die in het verleden al dan niet terecht zijn genomen. In hoofdstuk 4 wordt in meer algemene zin ingegaan op deze kostenafweging.

Tabel 3.1 Overzicht met kengetallen van bedrijven die maandelijks meetgegevens van TE-installaties hebben verstrekt

Volg- nr.	Oppervl. x 1000m ²	Gewas	Groot el. verbruik door	Vermogen TE-inst. in kW	Draai- uren/ jaar	Eigen el.prod. kWh/uur	Gas- verbr. m ³ /uur	Gas- verbr. m ³ /kWh	Aandeel vollaast in %	Terug- lev.in % van	Zelf- Elektr. in voorz. verbr.in kWh per TE- v.tot. m ² prod. verbr.
1	25.000	chrysa'85	belicht.	45	5.770	38,7	17,2	0,44	84,1	0	59 15,0
1	25.000	chrysa'86	belicht.	45	4.954	40,5	17,2	0,43	87,4	0	55 14,6
2	8.200	paprika	waterzuiv.	38	7.337	17,6	10,0	0,57	45,5	26	95 11,4
3	10.000	potplant	(ventil.)	28	6.101	22,4	10,6	0,47	81,0	53	69 9,9
4	45.000	potplant	kolenstook	35	6.430	23,3	11,1	0,48	62,9	0	65 5,2
5	13.000	potplant	belicht.	86 (DF)	8.686	65,3	25,0	0,38	75,9	0	* (38,1)
6	36.000	roos	verw.inst.	36	4.338	28,0	12,4	0,44	73,6	23	60 4,3
7	16.000	potpl.'85	afvl.verm.	38	4.583	20,9	11,0	0,52	62,0	0	56 10,9
7	16.000	potpl.'86	afvl.verm.	38	3.851	25,3	13,0	0,51	69,9	0	45 19,5
8	7.000	potplant	bel.wrmtep.	45	5.322	36,8	15,9	0,43	77,9	16	88 27,5
9	37.800	plantopkw.	belicht.	120x2(DF) 64x2	3.820	74,5	29,8	0,40	61,2	0	61 16,5
9					3.704	52,3	21,3	0,41	81,3		
10	4.000	potplant	warmtepomp	35(Dies)	4.402	25,9	10,3	0,40	73,8	0	97 29,3
11	15.000	roos	belicht.	35	8.726	20,3	10,4	0,51	57,7	0	* (11,6)
12	22.500	tomaten	kolenstook	18	8.072	15,0	8,0	0,53	82,3	0	90 5,6

DF = Dual Fuel.

Dies = Dieselolie.

4. Kosten bij zelf opwekken van elektriciteit

4.1 Vaste kosten van TE-installaties per geproduceerde kWh

De Total Energy-installatie vraagt een netto investering van zo'n 1.000 tot 1.500 gulden per kW elektrisch vermogen. Een installatie van 80 kW vergt dus een investering van ongeveer 100.000 gulden. Dit investeringsbedrag wordt op basis van de afschrijvingsperiode over de levensduur verdeeld. Veelal wordt als afschrijvingstermijn tien jaar aangehouden. De onderhoudscontracten hebben over het algemeen eenzelfde looptijd.

In de praktijk zal een TE-installatie technisch nog wel langer meegaan, zeker wanneer het aantal draaiuren per jaar beperkt is. Toch is het niet verstandig te lange afschrijvingsperiodes toe te passen. De toekomst blijft onzeker en nieuwe ontwikkelingen (zoals die van een lamp met een grotere lichtopbrengst; van een betere TE of gunstige elektriciteitsstarieven via het openbare net) kunnen de bestaande installaties sneller economisch doen verouderen.

Voor een investering van f 100.000 bedragen de afschrijvingen bij een termijn van tien jaar f 10.000 en de rentekosten worden gemiddeld begroot op: $0,07 \times 0,6 \times 100.000 = f 4.200$ per jaar (= rente x gemiddeld geïnvesteerd vermogen). Daarnaast zijn ook de verzekeringskosten ter hoogte van drie promille van het investeringsbedrag (f 300) als jaarlijkse "vaste kosten" aan te merken. Bij het toerekenen van deze kosten naar de geproduceerde elektriciteit is het van belang hoeveel draaiuren de installatie per jaar kan maken en of altijd onder vollastvermogen kan worden geproduceerd.

Het gasverbruik per opgewekte kWh is onder vollast het gunstigst. Het is mogelijk produktie en verbruik zo op elkaar af te stemmen dat een TE-installatie altijd zijn vollastvermogen kan leveren. Dat is bijvoorbeeld bij belichten mogelijk, wanneer altijd een gelijk aantal groepen wordt aangesloten. De praktijk is meestal anders: geen van de vijftien in het onderzoek betrokken installaties heeft het hele jaar door onder vollast gedraaid. Soms werd wel enkele maanden onder vollast gedraaid, maar in het voor- en najaar volgden toch de deellasturen.

Voor drie typen installaties met elektrische vermogens van 40, 80 en 160 kW zijn berekeningen opgezet bij vollastpercentages van 60, 85 en 100%. Bij deze vollastpercentages is uitgegaan van de gemiddelde situatie op de onderzochte bedrijven (zie figuur 3.1). De TE-installatie met elektrische vermogens van 40, 80 en 160 kW hebben respectievelijk investeringen van 60.000, 100.000 en 160.000 gulden gevegd. De vaste kosten komen daarmee volgens de boven omschreven berekeningswijze op 8.700, 14.500 en 23.500 gulden per jaar.

In tabel 4.1 zijn de vaste kosten per geproduceerde kWh weergegeven. Zowel het aantal draaiuren als het percentage vollast blijken van grote invloed op de kWh prijs.

Tabel 4.1 Vaste kosten en onderhoudskosten per geproduceerde kWh van TE-installaties van 40, 80 en 160 kW bij uiteenlopende aantallen draaiuren per jaar en verschillende vollastpercentages

Draaiuren/ kostensoort	Elektrisch vermogen TE								
	40 kW			80 kW			160 kW		
	perc. vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc. vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc. vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur		
	60	85	100	60	85	100	60	85	100
	24	34	40	48	68	80	96	136	160
Vaste kosten									
2.000	18,1	12,8	10,9	15,1	10,7	9,1	12,1	8,5	7,3
3.000	12,1	8,5	7,3	10,1	7,1	6,0	8,1	5,7	4,8
4.000	9,1	6,4	5,4	7,6	5,3	4,5	6,0	4,3	3,6
6.000	6,0	4,3	3,6	5,0	3,6	3,0	4,0	2,8	2,4
8.000	1,5	3,2	2,7	3,8	2,7	2,3	3,0	2,1	1,8
Onderh.kosten	6,3	4,4	3,8	4,2	2,9	2,5	2,6	1,8	1,6

TE's die worden ingezet voor belichting maken per jaar zo'n 3.000 tot 4.000 draaiuren. Bij 3.000 draaiuren lopen de vaste kosten (rente, afschrijving en verzekeringskosten) uiteen van 4,8 cent per kWh bij de grootste installatie tot 7,3 cent bij de kleinste installatie van 40 kW, beide onder vollast. Dit wordt onder andere veroorzaakt doordat bijkomende investeringen zoals die van aansluiting binnen het bedrijf en aan het openbare net voor de kleinere installaties zwaarder doortikken.

4.2 Onderhoudskosten per kWh

De leveranciers van de TE-installaties sluiten veelal onderhoudscontracten per uur af, waarbij vaak tot een totaal van 40.000 draaiuren het onderhoud en de reparaties tegen een vast uurtarief worden verricht. Maakt de installatie meer draaiuren dan moet voor groot onderhoud extra worden gereserveerd. In de berekeningen is dan uitgegaan van extra onderhoudskosten van 0,5 cent per geproduceerde kWh.

De onderhoudskosten per geproduceerde kWh zullen als gevolg van verschillen in produktie per uur uiteen gaan lopen. Dit is nadelig wanneer veel onder deellast wordt gedraaid, terwijl het voor het aantal draaiuren per jaar in principe geen verschil uitmaakt. Bij minder draaiuren worden immers minder onderhoudsbeurten uitgevoerd. Bij een onderhoudstarief (inclusief kosten van smeerolie) van f 2,00 per draaiuur komt dat voor een installatie van 80 kW, bij een op 100% van het vollastvermogen draaiende TE-installatie neer op 2,5 cent per kWh. Voor grotere installaties worden onderhoudscontracten afgesloten tegen ongeveer 1,6 cent per kWh.

Bij een produktie van 48 kWh, wanneer de 80 kW-TE onder 60% vollast draait, zijn de onderhoudskosten 1,7 cent per kWh hoger (tabel 4.1). Evenals bij de vaste kosten blijken de onderhoudskosten voor de kleinere installaties per kWh hoger te zijn dan bij de grotere. Van de kleinere motoren moeten, omdat ze sneller lopen, eerder draaiende delen worden vervangen en ook de voorrijkosten drukken nadelig op de onderhoudstarieven.

4.3 Gaskosten (minus warmteopbrengst) per kWh

De gaskosten per kWh zijn afhankelijk van het verbruik in m³ per kWh en de prijs van het gas. Uit de analyse van de verzamelde gegevens kwam een sterk verband naar voren tussen elektriciteitsproduktie, percentage vollastvermogen en gasverbruik (zie hoofdstuk 3.3).

Met behulp van de formule in hoofdstuk 3.3 zijn de gasverbruiken per uur van de verschillende installaties berekend.

Om vervolgens het effect van de gaskosten op de kWh-kosten van de met de TE-installaties geproduceerde elektriciteit te kunnen berekenen moet de warmteopbrengst van de TE's in mindering worden gebracht.

Doordat de met de TE-installatie opgewekte warmte in de kas komt hoeft de ketelinstallatie minder gas te stoken. Dit bespaarde gasverbruik moet op het gasverbruik van de TE-installaties in mindering worden gebracht. Om te bepalen hoeveel gas wordt bespaard is van belang hoeveel warmte de TE produceert, hoeveel hiervan wordt teruggewonnen, hoeveel hiervan in de kas terecht komt en hoeveel gas de ketel nodig heeft om eenzelfde hoeveelheid warmte in de kas te brengen. Hierbij is het van belang wat het ketelrendement is en wat de stilstandsverliezen van de ketel zijn op het rendement van de ketel doordat deze langer buiten gebruik is. Veel van deze aspecten verschillen van geval tot geval. Hier wordt volstaan met het weergeven van de algemene berekeningswijze.

Bij de verbranding van een kubieke meter aardgas komt ongeveer 8,8 kWh warmte vrij. Gaan wij uit van 145 kWh warmte die per uur in vollast door een 80 kWh installatie wordt opgewekt (tabel 4.2), dan komt dat overeen met $(145 : 8,8 \approx) 16,48$ m³ aardgas die door een ketelinstallatie met een rendement van 100% op onderwaarde zou zijn verbruikt.

Tabel 4.2 Elektriciteits-, warmteproductie en gasverbruik per uur van TE-installaties van 40, 80 en 160 kWh bij uiteenlopende vollastpercentages

Elektrisch vermogen TE										
40 kW					80 kW			160 kW		
perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur					perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur			perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur		
60 85 100					60 85 100			60 85 100		
24 34 40					48 68 80			96 136 160		
Warmteproduk- tie/uur kWh		60	80	92	105	132	145	180	250	275
Gasverbruik/ uur m3		12,3	15,2	16,6	21,1	25,4	28,8	35,5	49,0	56,0

Wordt gerekend met 90% nuttig gebruik (inclusief stilstandsverliezen van de ketelinstallatie) in de kas, dan zou zonder TE-installatie voor dezelfde warmte ongeveer 14,8 m3 gas in de ketel zijn verstoekt.

Voor de elektriciteitsproductie van de zojuist vermelde TE-installatie wordt dus (28,8 - 14,8 =) 14 m3 gas verbruikt. Bij

Tabel 4.3 Gaskosten (minus warmteopbrengst) per kWh van TE-installaties van 40, 80 en 160 kW bij uiteenlopende vollastpercentages bij een gasprijs van 20 cent/m3

Elektrisch vermogen TE										
40 kW				80 kW				160 kW		
perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur				perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur				perc.vollast en elektriciteitsprod. kWh/uur		
60 85 100				60 85 100				60 85 100		
24 34 40				48 68 80				96 136 160		
Warmtebenutting:										
90%	5,2	4,2	3,6	4,3	3,6	3,5	3,7	3,6	3,5	
80%	5,7	4,7	4,1	4,8	4,0	3,9	4,4	4,0	3,9	
70%	6,3	5,2	4,6	5,3	4,4	4,3	4,6	4,4	4,3	

een gasprijs van 20 cent per m³ betekent dit dat elke kWh geproduceerde elektriciteit 3,5 cent aan brandstof (gas) kost (tabel 4,3).

Het blijkt dat bij kleinere installaties de brandstofkosten, wanneer onder deellast wordt gedraaid, meer dan 1,5 cent per kWh hoger kunnen zijn dan bij vollast. Voor de grotere installaties is dit verschil veel kleiner. In tabel 4.3 is ook weergegeven wat de gaskosten per kWh worden wanneer in plaats van 90% slechts 80% of 70% van de warmte nuttig wordt opgewekt. De kWh prijs wordt er ongeveer 0,5 tot 1 cent per kWh hoger door bij de kleinere installatie. Bij de grotere installatie zijn de verschillen iets kleiner.

In de glastuinbouw kan een toenemend deel van de warmte die een TE produceert niet nuttig worden gebruikt. Bij een belichtingsniveau van 60 kWh per vierkante meter, wat bij assimilatiebelichting heel gebruikelijk is, wordt ongeveer 120 kWh warmte in de kas gebracht. Dit komt ongeveer overeen met 13,6 m³ aardgas. In de wintermaanden zal dit weinig problemen opleveren, maar in voor- en najaar moet vaak een groot deel worden weggelucht, zeker als ook nog voor de CO₂-toediening moet worden gestookt. In de berekeningen wordt daarom verder uitgegaan van een warmtebenutting van 80%.

4.4 De totale kosten per geproduceerde kWh

In tabel 4.4 zijn de kosten per geproduceerde kWh elektriciteit weergegeven bij 80% nuttig gebruik van de warmte. De tabel is tot stand gekomen door de kWh kosten van tabel 4.1 (inclusief de onderhoudskosten) en tabel 4.3 samen te voegen. Een kWh elektriciteit die geproduceerd wordt met een TE-installatie met een vermogen van 80 kWh die 4000 vollast draaiuren maakt kost (4,5 + 2,5 + 3,9=) 10,9 cent. Draait dezelfde installatie op 60% van het vollastniveau dan kost elke kWh (7,6 + 4,2 + 4,8=) 16,6 cent (tabel 4.4).

Het effect van de grote verschillen in de vaste kosten (tabel 4.1) werkt ook in de totale kosten sterk door. Bij 3.000 draaiuren per jaar lopen de kWh prijzen uiteen van 10,3 cent bij vollast met een grotere installatie tot 24,1 cent bij de kleinere installatie die op een vollastniveau van 60% draait.

Onder deellast draaien is vooral bij de kleinere installaties ongunstig, doordat de vaste kosten een relatief groot deel van de totale kosten vormen, door de invloed van de onderhoudskosten en doordat de brandstofkosten per geproduceerde kWh zoveel hoger zijn.

Tabel 4.4 Totale kosten per geproduceerde kWh van TE-installaties van 40, 80 en 160 kW bij uiteenlopende draaiuren per jaar en verschillende vollastpercentages bij een warmtebenutting van 80% en een gasprijs van 20 cent/m³

Draaiuren/ kostensoort	Elektrisch vermogen TE								
	40 kW			80 kW			160 kW		
	perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur		
	60 24	85 34	100 40	60 48	85 68	100 80	60 96	85 136	100 160
2.000	30,1	21,9	18,8	24,1	17,6	15,5	18,7	14,2	12,8
3.000	24,1	17,6	15,2	19,1	14,0	12,4	14,7	11,4	10,3
4.000	21,1	15,5	13,3	16,6	12,2	10,9	12,6	10,0	9,1
6.000	18,5	13,9	12,0	14,5	11,0	9,9	11,1	9,0	8,4
8.000	17,0	12,8	11,1	13,8	10,1	9,2	10,5	8,3	7,8

4.5 Prijzen van elektriciteit via het openbare net

Of het zelf opwekken van elektriciteit interessant is moet worden bepaald door de kosten ervan af te wegen tegen de totale kosten (vast recht, tarief en aansluitkosten) dat bij het openbare net moet worden betaald.

De stroomtarieven van de verschillende energiebedrijven lopen sterk uiteen. In de toekomst wordt meer gelijkgetrokken, maar hoe dat in zijn werk gaat is niet bekend. Nu is er nog een duidelijk verschil tussen de verschillende distributiebedrijven.

De meeste glastuinbouwbedrijven zijn aangewezen op het kleinverbruiktarief. Zij betalen een vastrechtbedrag dat afhankelijk is van de grootte van de aansluiting (zekeringen) en het dag- en nacht kWh tarief (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Kleinverbruiktarieven (cent/kWh) van enkele elektriciteitsbedrijven (mei 1988)

	Bedrijf			
	Nutsbedrijf Westland	P.E.N. (Noord- Holland)	Amstelland	P.N.E.M. (Brabant)
Dagtarief	18,56	17,09	20,5	14,1
Nachttarief	12,84	10,59	12,7	9,0

Het kleinverbruiktarief wordt toegepast tot een aansluitwaarde van 3 x 80 Amp. Dat komt overeen met een afgenomen vermogen tot ongeveer 50 kWe.

Bedrijven die een grotere vermogensbehoefte hebben vallen bij de meeste elektriciteitsbedrijven onder het grootverbruik. Het grootverbruik is weer onderverdeeld in laagspanningslevering (380/220 Volt) en hoogspanningslevering (10.000 Volt). Het bepalen welke tariefgroep van toepassing is en wat de totale kosten per afgenomen kWh zijn is maatwerk. De grootverbruikersrekening kent in de regel de volgende elementen:

- een vaste vergoeding die vergelijkbaar is met het vastrecht bij kleinverbruikers;
- een kW vergoeding voor het maximaal afgenomen vermogen, waarbij voor de pieken in de wintermaanden een extra vergoeding wordt gevraagd;
- een kWh vergoeding voor de afgenomen energie, eventueel verdeeld in een dag- en nachttarief;
- een brandstofvergoeding per afgenomen kWh die afhankelijk is van de brandstofprijs van het moment. Vaak wordt voor de plateau-uren een wat hogere vergoeding gevraagd en geldt een toeslag voor optredend netverlies;
- eventueel een toeslag voor onderhoud aan elektriciteitswerken en een prijsvariatie clause;
- het wettelijke BTW-percentage wordt berekend over de som van de voorgaande bedragen.

Het is kenmerkend dat naarmate de bedrijfstijd hoger is, dus meer uren een bepaald vermogen wordt afgenomen, vaak de kW vergoeding wordt verhoogd, terwijl de prijs van de afgenomen kWh lager wordt (tabel 4.6).

Tabel 4.6 Voorbeeld van een grootverbruik laagspanningstarief (1988)

	Bedrijfstijd in uren			
	<1.000	1.000-2.000	2.000-4.000	>4.000
Vaste vergoeding/ maand (gld)	90	90	90	90
Vermogensvergoeding per kVA/maand (gld)	5,80	8,10	10,70	13,00
Vermogensverg. in win- termaanden (gld)	11,60	16,20	21,40	26,00
kWh vergoeding tij- dens daguren (cent)	12,9	7,8	4,7	3,1
kWh vergoeding tij- dens nachturen (cent)	2,0	2,0	2,0	2,0
kWh brandstofverg. (cent)	4,9	4,9	4,9	4,9

Het hoogste beschikbaar gestelde en afgenomen vermogen is bepalend voor de vermogensvergoeding die per maand en over het hele jaar moet worden betaald. Daarnaast kan over het vermogen in de wintermaanden november, december, januari en februari vaak een extra (dubbele) vermogensvergoeding worden gevraagd. De vermogensvergoeding wordt soms deels (bijvoorbeeld voor 60%) over het beschikbaar gestelde vermogen en deels over het afgenomen vermogen berekend.

Doordat de vermogensvergoeding bij een grotere bedrijfstijd toeneemt en de kWh vergoedingen voor de daguren daarentegen juist afnemen is het afhankelijk van de bedrijfssituatie wat uiteindelijk de kWh-prijs gaat worden.

Opgemerkt moet worden dat tussen de elektriciteitsbedrijven nog aanzienlijke verschillen in de tarieven en tariefopbouw voorkomen. Niet alleen de stroomtarieven van de verschillende energiebedrijven lopen uiteen, ook bijkomende kosten zoals vastrecht en aansluitvergoeding zijn niet gelijk. Sommige bedrijven rekenen vaste bedragen afhankelijk van de grootte van de aansluiting (Nutsbedrijf Westland N.V.), terwijl in andere gevallen de werkelijke kosten van de aansluiting in rekening worden gebracht. De hoogte van deze bedragen houdt geen verband met de hoogte van de kWh-tarieven. Dat energiebedrijven hier verschillende systemen bij toepassen houdt voor een groot deel verband met de verschillen die voorkomen in infrastructuur. Een energiebedrijf in het Westland met een relatief fijn vertakt distributienet kan gemakkelijker uniform aansluittarieven voor alle gebruikers hanteren dan wanneer men te maken heeft met verbruikers die verder van elkaar zitten.

Voor elektriciteitsbedrijven is het interessant om buiten de kortstondige dagelijkse pieken stroom te kunnen leveren. Hiervoor kan een speciaal tarief voor afschakelbare belasting worden toegepast. Bij grote pieken of storingen worden bedrijven dan automatisch van het net afgesloten. In de praktijk gebeurt dit niet vaak. In de contracten wordt een maximum van 100 uren over de vier wintermaanden genoemd en meestal is de afsluiting per dag van korte duur. Voor belichting hoeft dit geen probleem te geven. Tegenover het ongemak van het net afgesloten te kunnen worden staat een gunstiger tarief. De tarieven die voor deze vorm van stroomvoorziening door het Nutsbedrijf Westland N.V. worden berekend bedragen 8,6 cent per kWh voor de eerste 40.000 kWh en 5 cent per kWh voor het verbruik daarboven. Deze kWh-prijzen worden nog verhoogd met een brandstoftoeslag die afhankelijk is van de brandstofprijs die per maand wordt vastgesteld. Bij een tuindersgasprijs van 20 cent/m³ bedraagt de toeslag ongeveer 4,8 cent per kWh. Daarnaast wordt een vastrechtbedrag van slechts f 25,- per maand berekend en zijn de aansluitkosten, afhankelijk van de zwaarte van de aansluiting, gelijk aan die van alle andere aansluitingen.

Voor bedrijven die tijdens de piekuren afgesloten kunnen worden kan de elektriciteitsvoorziening volgens het afschakelbare tarief een interessante zaak zijn.

4.6 Vergelijking van elektriciteitsprijzen van TE's en van het openbare net

Of het toepassen van een TE-installatie op glastuinbouwbedrijven interessant is hangt af van de prijs die voor stroom van het openbare net moet worden betaald. In deze prijs moet naast de "kale" kWh prijs ook rekening worden gehouden met eenmalige aansluitkosten en regelmatig terugkerende vermogensvergoedingen.

Gaat men bijvoorbeeld belichten dan is de bestaande aansluiting aan het openbare net veelal niet zwaar genoeg. Kabelverzwaring en mogelijk ook een extra transformatorvoorziening zijn nodig. De kosten hiervan zijn soms zo hoog dat ze overeenkomen met de investeringskosten van een TE-installatie. Vanzelfsprekend moeten deze kosten in de kWh-prijs van het net worden meegenomen en vaak zal blijken dat belichten via het net niet rendabel meer is, terwijl dat met een TE-installatie nog wel het geval kan zijn.

Door de grote verscheidenheid in tarieven en aansluitingskosten die met het betrekken van stroom van het openbare net samenhangen, is het niet eenvoudig om een vergelijking te maken met de kosten van het zelf opwekken met een TE. Ook de eigen bedrijfssituatie - hoe lang en welk vermogen wordt van het net afgenomen en op welke tijdstippen - is hierbij van belang.

Het is daarom aan te raden om, uitgaande van het te verwachten stroomverbruik, eerst na te gaan wat de elektriciteit via het openbare net gaat kosten. Dan zal blijken dat dit vaak niet eenvoudig is, mede door de ingewikkelde tarievenstructuur van de energiebedrijven.

De prijs die voor stroom van het openbare net moet worden betaald loopt, (afhankelijk van het energiebedrijf, de bedrijfstijd, de tariefindeling die van toepassing is) bij een tuindersgasprijs van ongeveer 20 cent per kWh, uiteen van ongeveer 12 tot 17 cent. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de aansluitkosten, die zoals uit het bovenstaande bleek ook in de totaalprijs moeten worden betrokken. De aansluitkosten kunnen in ongunstige situaties oplopen tot enkele centen per afgenomen kWh. Gemiddeld kan worden uitgegaan van een elektriciteitsprijs van ongeveer 15 cent per kWh.

In veel gevallen zal blijken dat het zelf opwekken van elektriciteit met grotere Total Energy-installaties een economisch verantwoord alternatief is (tabel 4.4).

Het leveren van elektriciteit volgens een tarief voor afschakelbare belasting zoals dat door het Nutsbedrijf Westland N.V. wordt toegepast kost inclusief kosten van aansluiting bij kleinere verbruiken ongeveer 12 cent kWh. Bij een groter elektriciteitsverbruik kan deze prijs tot ongeveer 10,7 cent per kWh dalen. Daardoor kan deze vorm van afschakelbare belasting voor het belichten van gewassen voor een groot deel van de glastuinbouw belangrijk worden. Hiervoor zijn wel in alle gebieden lage stroomtarieven van het openbare net nodig.

Bij een vergelijking van de prijs voor stroom van het openbare net en de kosten van opwekken met TE's moet er een duidelijk voordeel zijn voor de TE, wil het zinvol zijn in zo'n installatie te investeren. Er is sprake van een grotere kapitaalbehoefte met alle risico's die dit met zich meebrengt, maar ook de warmtebenutting is een wat onzeker aspect. Dit laatste is vooral het geval wanneer de warmte van TE's, van de lampen in de kassen en mogelijk ook van de ketel bij CO₂-voorziening, voor verwarming van de kas minder bruikbaar is.

4.7 Leveren van elektriciteit aan het openbare net

In hoofdstuk 4.4 zagen wij reeds dat het onder deellast draaien vooral bij de kleinere installaties, door de hogere vaste kosten, onderhoudskosten en brandstofkosten, niet interessant is. Vrijwel alle kleinere installaties die in het verleden op tuinbouwbedrijven zijn geplaatst draaien een groot deel of het hele jaar door in deellast en maken vaak weinig draaiuren. Het is mogelijk om in plaats van in deellast te draaien onder vollast te produceren en de extra stroom, die in het eigen bedrijf niet bruikbaar is, te leveren aan het openbare net. Deze vorm van stroomlevering wordt - ten opzichte - in de wereld van de stroomvoorziening wel aangeduid met de term "terugleveren".

In de volgende berekeningen wordt nagegaan of het "terugleveren" aan het openbare net interessant is, wanneer daardoor het draaien in deellast wordt vermeden (paragraaf 4.7.2). Daarnaast wordt nagegaan of het aantrekkelijk is aan het openbare net te leveren wanneer extra vollasturen wordt geproduceerd (paragraaf 4.7.3).

4.7.1 De vergoedingen voor aan het openbare net geleverde elektriciteit

De vergoeding die voor teruglevering aan het openbare net wordt ontvangen kan worden gesplitst in een brandstofvergoeding en in een vermogensvergoeding.

De vermogensvergoeding betekent meestal een extra vergoeding van 1,5 cent per kWh voor de tijdens dagtariefuren teruggeleverde elektriciteit en voor de buiten deze uren geleverde stroom niets.

De brandstofvergoeding bedraagt 95% van de prijs die de centrales voor de energie betalen. Deze prijs houdt nauw verband met de prijs die tuinders voor hun aardgas moeten betalen.

Toen de gasprijs enkele jaren geleden nog bijna 45 cent/m³ was bedroeg de brandstofvergoeding ongeveer 11 cent/kWh. Nu de gasprijs naar een niveau van ongeveer 20 cent/m³ is gedaald wordt voor de teruggeleverde stroom nog ongeveer 4,5 cent/kWh betaald. Wanneer twee derde van de teruglevering in de dagtariefperiode plaats heeft, dan wordt de totale vergoeding per kWh teruggeleverde elektriciteit ongeveer 5,5 cent.

Naast de vrij algemeen toegepaste vermogensvergoeding van 1,5 cent/kWh tijdens dagtariefuren teruggeleverde stroom kent men ook de piektarief-vermogensvergoeding. In dat geval betaalt het energiebedrijf aan terugleveraars die het hele jaar door tijdens alle pieken terugleveren een vermogensvergoeding die afhankelijk is van het vermogen waarmee wordt teruggeleverd. Voor gegarandeerde teruglevering bedraagt het tarief dat het Nutsbedrijf Westland toepast f 140,- per kWe. Wie tijdens het jaar een piek of een deel ervan niet heeft teruggeleverd, ontvangt dat jaar een vermogensvergoeding van f 100,- per kWe. Deze vergoedingen worden alleen gegeven wanneer tijdens de zogenaamde plateau-uren, op werkdagen in de winter wordt teruggeleverd. Dit zijn volgens de Vereniging van Exploitanten van Elektriciteitsbedrijven in Nederland (VEEN) per jaar ongeveer 1.400 uren. In de winterperiode betekent dit dat de TE-installatie een groot deel van de tijd aan het net moet leveren, terwijl dan ook de eigen behoefte het grootst is. In tabel 4.7 is weergegeven wat dit betekent voor een installatie die per jaar 1.400 uren teruglevert met een vollast-vermogen van 80 kWe.

Tabel 4.7 Typen terugleververgoeding van het "VEEN" toegepast bij een TE-installatie met een elektrisch vermogen van 80 kW die 1.400 vollasturen aan het openbare net teruglevert

	Tarief vermogensvergoeding/ tarief brandstofvergoeding		
	f 140/kWe 0,045/kWh	f 100/kWe 0,045/kWh	f 0,015/kWh 0,045/kWh
Brandstofverg. 1.400 x 0,045 x vermogen	5.040	5.040	5.040
Vermogensverg. 80 x vermogensvergoeding	11.200	8.000	1.120*
Totale opbrengst terug- levering	16.240	13.040	6.160
kWh-prijs voor terugge- leverde elektriciteit	0,145	0,116	0,055

* = uitgaande van twee derde teruglevering tijdens daguren.

Uit tabel 4.7 blijkt dat het normale teruglevertarief slechts 5,5 cent per kWh bedraagt, maar dat teruglevering tegen piektarief bij de gekozen uitgangspunten uitkomt op 14,5 cent bij

"gegarandeerde teruglevering" of op 11,6 cent per kWh bij "half gegarandeerde teruglevering". Voor gegarandeerde en half-gegarandeerde teruglevering moet de TE-installatie met een constant (vollast)vermogen aan het openbare net leveren. Hierop wordt in paragraaf 4.7.3 nader ingegaan.

4.7.2 Teruglevering om het draaien in deellast te voorkomen

Wanneer wordt teruggeleverd om het draaien onder deellast te voorkomen, dan ontvangt men alleen de brandstofvergoeding plus de vermogensvergoeding voor de tijdens dagtariefuren teruggeleverde elektriciteit. Wordt twee derde van de elektriciteit tijdens daguren teruggeleverd dan is de totale vergoeding zoals in de vorige paragraaf reeds bleek ongeveer 5,5 cent per kWh.

Doordat meer onder vollast wordt gedraaid, worden vooral de vaste kosten en de onderhoudskosten gunstig beïnvloed. In de volgende tabel wordt aangegeven hoe de kosten en opbrengsten worden van een TE-installatie die in plaats van 4.000 draaiuren op 60% van het vollastvermogen te draaien 4.000 uren onder vollast gaat produceren en de extra opgewekte stroom aan het openbare net teruglevert (tabel 4.8).

Tabel 4.8 Kostenberekening en prijsvergelijking per kWh eigen verbruikte elektriciteit, wanneer TE's in plaats van op 60% vollast onder 100% vollast gaan draaien en de extra stroom aan het openbare net wordt geleverd

	Elektrisch vermogen		
	40 kW	80 kW	160 kW
Kosten elektriciteit bij 4.000 vollasturen (gld)	21.280	34.880	58.240
Opbrengst teruglevering (gld)	3.520	7.040	14.080
Kosten eigen elektriciteit (gld)	17.760	27.840	44.160
kWh-prijs eigen verbruik met teruglevering (gld)	0,185	0,145	0,115
kWh-prijs eigen verbruik zonder teruglevering (gld)	0,211*	0,166*	0,126*

* = Bij 4.000 draaiuren en 60% vollast.

Uit de berekeningen blijkt dat het draaien onder vollast zo gunstig is in vergelijking met het in deellast blijven draaien, dat zelfs tegen het lage teruglevertarief teruggeleverd kan worden.

In alle gevallen wordt de kWh prijs van de eigen verbruikte elektriciteit er lager door. Vooral bij de kleinere installaties is het voordeel groter.

Het blijft zaak om de TE-installaties niet groter te kiezen dan voor het eigen bedrijf nodig is, want terugleveren aan het openbare net tegen het lage tarief blijft een lapmiddel om de installatie onder gunstigere vollastomstandigheden te laten draaien.

De kostprijs van de eigen verbruikte elektriciteit moet verder vergeleken worden met de prijs die per kWh moet worden betaald wanneer de stroom van het openbare net wordt betrokken, want vaak blijkt dat het laatste goedkoper is dan zelf met een kleine TE-installatie stroom opwekken.

4.7.3 Leveren van elektriciteit aan het openbare net door meer vollastdraaiuren te maken

Wanneer elektriciteit met een eigen TE-installatie bij 3.000 draaiuren in vollast wordt opgewekt, dan komt de kWh prijs volgens tabel 4.4 voor de verschillende vermogensklassen uit op 15,2; 12,4 en 10,3 cent per geproduceerde kWh.

Wanneer met dezelfde installaties 1000 vollastdraaiuren meer wordt gedraaid, dan kost elke geproduceerde kWh nog respectievelijk 13,3, 10,9 en 9,1 cent per kWh. Gaan wij ervan uit dat de extra geproduceerde stroom aan het openbare net wordt teruggeleverd tegen het tarief van 5,5 cent per kWh dan wordt de eigen verbruikte elektriciteit daardoor duurder (tabel 4.9).

Tabel 4.9 Kostenberekening en prijsvergelijking per kWh eigen verbruikte elektriciteit, wanneer TE's 1.000 vollastdraaiuren meer gaan draaien en de extra stroom aan het openbare net wordt geleverd

	Elektrisch vermogen TE		
	40 kW	80 kW	160 kW
Kosten elektriciteit bij 4.000 vol-			
lasturen	21.280	34.880	58.240
Opbrengst 1.000 uren teruglevering	2.200	4.400	8.800
Kosten 3.000 uren eigen elektriciteit	19.080	30.480	49.400
kWh-prijs eigen verbruik met terug-			
levering	0,159	0,127	0,103*
kWh-prijs eigen verbruik zonder te-			
ruglevering	0,152	0,124	0,103**

* = TE draait 4.000 vollast draaiuren.

** = TE draait 3.000 vollast draaiuren.

Vergelijken wij de kWh prijzen met teruglevering met de situatie dat 3.000 draaiuren voor eigen verbruik werd gedraaid, dan blijkt de stroom door de teruglevering bij de installaties van 40 en 80 kWe duurder te worden en alleen de grootste installatie levert een gelijke kostprijs op.

Hier staat tegenover dat de warmtebenutting die bij 3.000 draaiuren volgens uitgangspunt 80% bedroeg bij 1.000 draaiuren waarschijnlijk geringer zal zijn, zodat ook voor de grootste installatie het terugleveren ongunstig uitpakt. De combinatie van belichten, waarbij warmte van de lampen in de kassen vrijkomt, en het zelf opwekken van elektriciteit met TE-installaties, waarbij ook warmte naar de kassen gaat, kan minder gunstig werken in voor- en najaar wanneer meer warmte in de kas komt dan voor de teelt nodig is. Dit effect wordt nog ongunstiger, wanneer gelijktijdig CO₂ moet worden toegediend.

Veel gunstiger wordt de situatie voor het terugleveren, wanneer wordt uitgegaan van de vermogensvergoedingen voor "gegarandeerde-" en "half gegarandeerde teruglevering" (paragraaf 4.7.1). De vergoedingen zijn nu per teruggeleverde kWh veel hoger en voor bedrijven die tijdens piekuren niet voor de eigen behoefte hoeven te draaien is dit een aantrekkelijke optie. De pieken in het net vallen voor het grootste deel in de winter en voor bedrijven die dan moeten belichten is het moeilijk zich daaraan aan te passen. Voor bedrijven die het eigen elektrischverbruik buiten de pieken kunnen laten vallen biedt deze vorm van terugleveren goede perspectieven, wanneer ook de warmte voor een groot deel nuttig kan worden gebruikt. Dit is voor glastuinbouwbedrijven in de winter vooral geen probleem. De mogelijkheden om het eigen stroomverbruik buiten de zogenaamde plateau-uren te brengen zijn beperkt omdat het belichten in dezelfde periode moet gebeuren.

4.8 Vergelijking van elektriciteitsprijzen van TE's en openbare net bij verschillende energieprijzen

De prijs die voor elektriciteit van het openbare net moet worden betaald, loopt voor de verschillende energiebedrijven soms flink uiteen. De tarieven van de elektriciteitsbedrijven worden voor een deel gevormd door de brandstofkosten die, door de koppeling aan de prijs van olie, met elkaar verband houden.

Bij dalende gasprijzen zal ook het deel van de elektriciteitskosten dat samenhangt met de energieprijz goedkoper worden. Dit is ook direct te merken bij teruglevering van stroom aan het net waarvoor alleen de brandstofkosten, die de elektriciteitscentrales anders hadden moeten maken, vergoed worden.

Toen de gasprijs voor tuinders 40 cent per m³ was, bedroeg de vergoeding voor elke aan het net geleverde kWh ongeveer 11 cent. Toen de gasprijs korte tijd later nog maar de helft was bleek ook de terugleververgoeding te zijn gehalveerd. Bij een stijging van de tuindersgasprijs met 10 cent per m³ zal de elek-

triciteitsprijs van stroom via het openbare net met ongeveer 3 cent per kWh toenemen. Bij gasprijzen van 20, 30 en 40 cent per m³ zullen de gemiddelde elektriciteitsprijzen op een niveau van ongeveer 15, 18 en 21 cent per kWh uitkomen.

Berekeningen, die op dezelfde wijze uitgevoerd als beschreven is in paragraaf 4.3 wijzen uit dat de prijzen van het zelf opwekken van elektriciteit met TE's bij een stijging van de gasprijs met 10 cent per m³ bij de grotere installaties met ongeveer 2 cent per kWh toenemen (tabel 4.10).

Tabel 4.10 Stijging van de kWh-prijs bij zelf opwekken van elektriciteit met TE's wanneer de gasprijzen voor tuinders met 10 en 20 cent per m³ stijgen ten opzichte van een prijsniveau van 20 cent/m³ (tabel 4.4)

Draaiuren/ kostensoort	Elektrisch vermogen TE								
	40 kW			80 kW			160 kW		
	perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur			perc.vollast en elektriciteits- prod. kWh/uur		
	60	85	100	60	85	100	60	85	100
	24	34	40	48	68	80	96	136	160
Gasprijs:									
20 cent/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 cent/m ³	2,9	2,4	2,1	2,4	2,0	1,9	2,1	2,0	1,9
40 cent/m ³	5,7	4,7	4,1	4,8	4,0	3,9	4,2	4,0	3,9

Bij stijgende energieprijzen neemt het voordeel van de grotere TE's ten opzichte van het betrekken van de stroom van het openbare net, iets toe. Alleen voor installaties kleiner dan ongeveer 40 kWe blijft de situatie gelijk of wordt het openbare net wat aantrekkelijker.

5. Nieuwe ontwikkelingen

5.1 Toenemende belangstelling voor belichten

Het belichten van tuinbouwgewassen onder glas komt in allerlei vormen en intensiteiten voor. Tegenwoordig wordt veel gebruik gemaakt van breedstralerarmaturen waarin hogedruknatriumlampen worden toegepast.

Inclusief voorschakelapparatuur verbruikt de meest toegepaste lamp ongeveer 450 Watt. Door lampen met een andere lichtopbrengst of door meer of minder lampen per kaseenheid te installeren kan de lichtintensiteit worden afgestemd op de behoeften van het gewas. Ook is het mogelijk de ophanghoogte te variëren.

De toepassingsvormen kunnen sterk uiteenlopen, zoals ook is op te maken uit het elektriciteitsverbruik van de bedrijven die aan de inventarisatie hebben deelgenomen. Chrysantenbedrijven met TE-installaties verbruikten voor bloemknopaanleg in een bepaald groeistadium gemiddeld ongeveer 13 kWh per m²/jaar, terwijl leliebedrijven meer dan vier maal zoveel nodig hadden. Bij potplanten treden grote verschillen op die veelal samenhangen met de teeltplannen (geteelde gewassen en afleverstadia/tijdstippen) van de bedrijven. Datzelfde doet zich ook voor bij de plantenopkweekbedrijven.

Het is moeilijk aan te geven bij welke lichthoeveelheden een plant het beste groeit en dit te vertalen naar een hoeveelheid licht die in een periode moet worden gegeven. In de praktijk wordt vastgesteld wat wel en niet verantwoord is. Tegenwoordig staat assimilatiebelichting vooral in de belangstelling bij die telers bij wie produktieverhoging en/of kwaliteitverbetering voorop staat. Bij het toenemen van de buitenlandse concurrentie gaan zij niet in de eerste plaats uit van het verhogen van de geldopbrengsten per vierkante meter, maar eerder van het kunnen handhaven van de eigen marktpositie. In een markt die aan het verzadigen is komen de prijzen onder druk te staan. Kwaliteitsverbetering kan dan een middel zijn om zich de eigen positie ten opzichte van de concurrentie te verbeteren.

Deze ondernemers hebben in de afgelopen jaren de moderniteit van hun bedrijf niet uit het oog verloren. Veelal is op bescheiden schaal met belichtingsexperimenten begonnen en staat men nu voor een doorbraak.

Tegenover de kosten van het belichten moeten de opbrengsten worden geplaatst. Soms zijn deze duidelijk, zoals bij het belichten van chrysanten waarbij het zonder belichting niet mogelijk is in de winterperiode het gewas te laten groeien. Bij andere gewassen kan dat veel subtieler liggen. Vaak zal bijvoorbeeld teeltduurverkortung (minder kosten per teelt) en/of kwaliteitsverbetering (betere prijzen) de opbrengstverhoging vormen.

Eenvoudige berekeningen wijzen uit dat de kosten van assimilatie-belichting via het openbare net bij een intensiteit van 60 kWh per m² ongeveer vijftien gulden per m² per jaar bedragen. Wanneer wordt uitgegaan van een produktieverhoging van 20% door het belichten, dan moeten geldopbrengsten van tenminste negentig gulden per m² worden gerealiseerd. Bij hogere belichtingsintensiteiten zijn de kosten hoger en zijn ook hogere opbrengstniveaus nodig.

TE-installatie worden ingezet voor belichting om de elektriciteit goedkoper te verkrijgen dan via het openbare net. Het van het openbare net betrekken van veel stroom gedurende een korte periode is door de hoge vermogensvergoeding, die over het hele jaar betaald moet worden, en door de dure investeringen in kabelverzwaring en transformatorvoorzieningen, soms erg onaantrekkelijk.

Door het installeren van een TE worden deze kosten vermeden en daardoor kan het zelf opwekken dan extra aantrekkelijk zijn.

5.2 Aanpassing aan milieueisen

Bij de verbranding van aardgas in een verbrandingsmotor treden veel hogere temperaturen op dan in een ketelinstallatie het geval is. Door deze hogere verbrandingstemperaturen komen in de rookgassen stikstofoxiden (NO_x) voor die, door de instabiele vorm waarin de zuurstof voorkomt, makkelijk chemische reacties met andere elementen aangaan. De verbindingen die daardoor ontstaan dragen bij aan de verzuring van het milieu.

5.2.1 Nieuwe en beter afgestelde motoren

Het voorkomen van de hoge verbrandingstemperaturen door het toerental van de motoren terug te brengen gaat ten koste van het rendement van de installaties. Bij een andere oplossing wordt gebruik gemaakt van een katalysator. De NO_x bevattende rookgassen worden, door het contact met platina in de katalysator, onschadelijk gemaakt zodat ze zelfs voor CO₂ toediening geschikt zijn. Een belangrijk nadeel van deze methode is echter dat de platina te duur is om in de praktijk te worden toegepast. Bovendien kleven aan het gebruik van de rookgassen voor CO₂ toediening grote risico's omdat de kans op storingen altijd aanwezig is. Bij gebrek aan goedkopere katalysators tracht men nu toch via andere methoden de NO_x-uitstoot te verminderen. Dat is nodig, want de overheid heeft bepaald dat met ingang van 1990 de TE-installaties moeten voldoen aan de dan geldende hogere milieueisen.

Vernieuwde, zuinig afgestelde motoren kunnen door de betere menging van de brandstof met de inlaatlucht veelal voldoen aan deze zwaardere normen.

5.2.2 Verbeterde motoren door toepassing turbo-techniek

Ook motoren met een opgeladen (turbo) motor kunnen beter aan de strengere milieueisen voldoen. Door de betere menging van het gasmengsel hebben deze motoren een geringere NOx-uitstoot. Door bovendien de inlaatlucht te koelen verloopt de verbranding bij een lagere temperatuur, zonder dat dit nadelig voor het rendement is.

Het is nog moeilijk om aan te geven wat de invloed zal zijn van de aanpassingen aan de milieueisen op het niveau van de investeringen. Enkele fabrikanten verwachten dat de investeringen, uitgedrukt per kW, op het huidige niveau gehandhaafd blijven.

De turbo-compressor pompt de inlaatlucht onder druk in de cilinder. Het vermogen van de motor wordt daardoor opgevoerd. Door het verhogen van de druk stijgt de temperatuur van de inlaatlucht. Warme lucht zet uit en kan dus minder worden samengeperst. Dit is weer ongunstig voor het vermogen. Door nu met warmtewisselaars de inlaatlucht te koelen wordt het vermogen van de motor verbeterd en bovendien wordt de NOx-uitstoot door de lagere temperaturen teruggebracht. Voor een geringere NOx-emissie is echter vooral een goede menging van het gasmengsel van belang.

Uitgerust met een nakoeler kan het vermogen van een motor met turbo-compressor met ongeveer 50% toenemen. Dit wil zeggen dat de dynamo waarmee de elektriciteit wordt opgewekt ook anderhalf maal zo groot kan zijn. De turbo-motoren verbruiken meer brandstof, maar doordat ze veel meer presteren kan het verbruik per opgewekte kWh, tot ongeveer 10% gunstiger zijn aan dat van een gewone motor.

De nieuwe opgeladen motoren zouden vooral voordeel opleveren door hun betere aanpassing aan toekomstige milieueisen en daarnaast door de geringere investeringen per kW elektrisch vermogen, terwijl er geen nadelen aan zouden kleven.

Of deze verwachtingen in de praktijk worden gehaald moet met nieuwe metingen worden vastgesteld. Dan pas is het mogelijk ook het kostenplaatje in te vullen, want deze nieuwe ontwikkelingen brengen ook andere investerings- en onderhoudskosten met zich mee.

5.3 Andere ontwikkelingen

Een tuinder die meer stroom produceert dan hij zelf verbruikt mag dit niet (in eilandbedrijf) aan zijn buurman leveren, maar kan wel tegen de brandstofvergoeding terugleveren aan het openbare net. De elektriciteit wordt vervolgens toch aan de buurman geleverd, maar hiervoor worden naast de brandstofvergoeding ook hoge distributiekosten in rekening gebracht.

Terugleveren aan het net is niet interessant en de aansluitkosten die betaald zouden moeten worden om de extra stroom van

het net te betrekken zijn zo hoog dat beide tuiners besluiten elk een kleinere TE-installatie aan te schaffen. Deze kleine installaties zijn per geproduceerde kWh aanzienlijk duurder dan een gezamenlijk geplaatste grotere TE-installatie (Vernooy, 1987).

De elektriciteitsbedrijven hebben een monopoliepositie bij het transport en de distributie van elektriciteit. Dit blijkt in de praktijk een belangrijke hindernis te zijn in de ontwikkeling van decentrale elektriciteitsopwekking.

Ter bevordering van de toepassing van warmte/kracht in de tuinbouw is het gewenst dat voor de tijdens piekuren aan het openbare net geleverde elektriciteit eenzelfde prijs wordt ontvangen als buiten de pieken voor netstroom betaald wordt.

Ondanks de minder gunstige situatie die rond het terugleveren van elektriciteit bestaat, mag verwacht worden dat het investeren in TE-installaties in de glastuinbouw zal doorgaan. Het tempo waarin dit gebeurt zal afhangen van een aantal factoren waaronder de ervaringen die met belichten worden opgedaan; de kostenontwikkeling op de bedrijven; de prijspolitiek van de energiebedrijven; het overheidsbeleid en niet in de laatste plaats de ontwikkelingen bij de TE-installaties zelf.

Belichten en met name assimilatiebelichting is een kostbare zaak waartoe zeker niet lichtvaardig mag worden besloten. Het is ook bepaald niet zo dat onrendabele teelten door belichten ineens interessant worden. Daarom mag er niet direct een stormachtige ontwikkeling rond het belichten verwacht worden. Toekomstige uitbreiding zal zich veeleer voordoen op bedrijven waar reeds gunstige ervaringen zijn opgedaan. Op deze bedrijven zal een geleidelijke specialisatie plaatsvinden naar teelten die gunstig op het extra licht reageren.

6. Conclusies

Bij het zelf opwekken van elektriciteit met Total Energy-installaties is ook de vrijkomende warmte nuttig te gebruiken. Daarom kan het voor een tuinder met een relatief groot en continu verbruik, economisch interessant zijn de stroom niet van het openbare net te betrekken, maar zelf te produceren. In 1986 zijn door het LEI op twaalf bedrijven met in totaal vijftien TE-installaties, die in elektrisch vermogen varieerden van 18 kW tot meer dan 150 kW, maandelijks gegevens verzameld over onder meer draaiuren, stroomproductie en gasverbruik.

Bedrijven en stroomverbruik

TE-installaties komen in de glastuinbouw op de meest uiteenlopende bedrijven en bedrijfstypen voor. Voorwaarde is een hoog elektriciteitsverbruik van tenminste 100.000 kWh per jaar per bedrijf. Daarvoor is ofwel een groot elektriciteitsverbruik per m² en/of een grote bedrijfsomvang (meer dan 10.000 m²) nodig. Een groot verbruik per m² komt vooral voor op bedrijven waar gewassen worden belicht (lelies, potplanten- en plantenopkweekbedrijven) of waar grondkoeling wordt toegepast (freesia).

Reden voor toepassen TE

Voor de meeste ondernemers was de hoogte van het (toekomstige) elektriciteitsverbruik en/of de prijs die voor stroom van het openbare net moet worden betaald doorslaggevend om een TE-installatie aan te schaffen.

Daarnaast wordt een groot aantal reden genoemd zoals de hoge kosten van aansluiting en kabelverzwaring bij het openbare net, het voordeel dat het beperken van piekbelasting oplevert, de bedrijfszekerheid omdat een noodaggregaat wordt uitgespaard of toepassing bij kolenstook installaties of warmtepompen.

Kleine en grote installaties

Afhankelijk van de bedrijfssituatie zijn kleinere (15 tot 50 kW) of grotere installaties (meer dan 400 kW) geplaatst. Op bedrijven met een groot geïnstalleerd vermogen komen vaak meer TE's van een ongelijke capaciteit voor.

Het voordeel hiervan is dat afhankelijk van het elektriciteitsverbruik installaties kunnen worden bij- of afgeschakeld. Een nadeel is echter dat de onderhoudskosten van meerder kleinere installaties hoger zijn, en dat het energieverbruik ook wat ongunstiger is.

Voor het belichten van een redelijke oppervlakte moet al gauw gedacht worden aan elektrische vermogens van meer dan 50 kW.

Investerings in TE's

Gemiddeld is voor bijna 190.000 gulden per bedrijf in TE-installaties geïnvesteerd. Uitgedrukt per kW elektrisch vermogen liepen de investeringen uiteen van minder dan 800 gulden voor reeds gebruikte machines tot ruim 3000 gulden. De meeste installaties vergen een investering van 1000 tot 1500 gulden per kW elektrisch vermogen. Vooral bij de kleinere installaties was de spreiding in investeringsbedrag per kW groot. Dit wordt vooral veroorzaakt door verschillen in type vermogensregeling en kosten van aansluiting. Inpassing van kleinere installaties in het bedrijf is relatief kostbaarder.

Vanaf 1977, toen de eerste TE's in de glastuinbouw geplaatst werden, is de spreiding in investeringsbedragen per kW niet kleiner geworden en de installaties werden over het algemeen ook niet goedkoper.

De onderhoudskosten van kleinere installaties zijn per geproduceerde kWh hoger en dat geldt ook voor de verzekeringskosten.

Draaiuren

Op een enkele uitzondering na draaien de TE-installaties op de glastuinbouwbedrijven vrij probleemloos. Moeilijkheden die zich tijdens de eerste jaren vooral rond de vermogensregeling voordeden komen nu nauwelijks nog voor.

Gemiddeld draaien de installaties ongeveer 5500 uur per jaar. Op bedrijven waar veel wordt belicht maken ze echter minder draaiuren. Hier moet afhankelijk van de gewassen die belicht worden, worden uitgegaan van 2500 tot 4000 draaiuren per jaar.

Deellast

Het was opvallend dat vrijwel alle installaties een groot deel van het jaar door een geringer elektriciteitsverbruik op de bedrijven hun vollastvermogen niet halen. Installaties die minder dan 50 kWh elektriciteit per uur produceren gaan per geproduceerde kWh veel meer gas verbruiken, zeker wanneer ze minder onder vollast kunnen draaien. Dat installaties niet voortdurend onder vollast produceren wordt vaak veroorzaakt door een (tijdelijk) geringer elektriciteitsbehoefte op de bedrijven (in de zomerperiode), door een te grote capaciteit van de TE (komt veel voor op bedrijven waar niet wordt belicht) of een door de leverancier voorgeschreven begrenzing van het vermogen van de installatie (Dual-fuel motoren).

De kosten per kWh

De kosten van het zelf opwekken van elektriciteit met TE's zijn afhankelijk van de levensduur van de installatie, het onderhoudscontract en het gasverbruik. Veelal wordt een levensduur

aangehouden van tien jaar. Uitgaande van de gekozen afschrijvingstermijn is het belangrijk voor de kosten per geproduceerde kWh elektriciteit hoeveel draaiuren de installatie maakt en wat per uur wordt geproduceerd. De onderhoudscontracten hebben meestal een looptijd van tien jaar en worden per draaiuur afgesloten. Daarom is het belangrijk hoeveel draaiuren de installaties per jaar maken en wat per uur wordt geproduceerd. Veel in deellast draaien is namelijk ongunstig voor de kosten per kWh. De vaste kosten van TE-installaties worden, uitgedrukt per kWh geproduceerde elektriciteit, hoger voor kleinere installaties; wanneer meer in deellast wordt geproduceerd en wanneer minder draaiuren per jaar worden gemaakt.

Ook de gaskosten zijn voor TE's met een kleiner elektrisch vermogen over het algemeen ongunstiger dan die van de grotere units, dat is vooral het geval, wanneer meer in deellast wordt geproduceerd. Niet alle warmte van TE's wordt nuttig in het bedrijf gebruikt. Bij 10% betere benutting dalen de elektriciteitskosten ongeveer een halve cent. Bij een gasprijs van 20 ct per m³, 3000 draaiuren per jaar, een elektriciteitsproductie van 80 kWh per uur bij een vollastniveau van 85% bedraagt de kostprijs van een kWh bij 80% benutting van de warmte ongeveer 14 ct. Met een grotere TE die onder gelijke omstandigheden 160 kWh per uur produceert is de kostprijs ongeveer 11,4 cent per kWh.

Prijzen via openbare net

Voor stroom via het openbare net lopen de tarieven en prijzen van de verschillende energiebedrijven vaak sterk uiteen. Bedrijven met een groot en continu stroomverbruik zijn met een eigen TE-installatie meestal beter uit. Is het mogelijk om elektriciteit onder gunstige voorwaarden zoals het tarief voor afschakelbare belasting, te betrekken dan kan het openbare net juist aantrekkelijk zijn. Een kostbare investering in duur TE-vermogen wordt dan vermeden en deze gelden blijven beschikbaar voor andere, meer rendabele bedrijfsinvesteringen. Door samenvallen van TE-warmte is warmte van lampen en CO₂ warmte kan het zelf opwekken van stroom, wanneer niet van een duidelijk kostenvoordeel sprake is, onaantrekkelijk worden.

Terugleveren

In deellast draaien is ongunstig voor de kostprijs van een kWh opgewekte elektriciteit. Ondanks de geringe vergoeding die wordt ontvangen voor aan het openbare net geleverde elektriciteit is het aantrekkelijk onder vollast te gaan produceren en de extra elektriciteit aan het net te leveren. De kostprijs van de eigen verbruikte elektriciteit wordt er lager door. Dat is niet het geval wanneer teruggeleverd wordt door meer vollast draaiuren te gaan maken.

Veranderende energieprijzen

Bij stijgende energieprijzen treedt een geringe verschuiving van de produktiekosten op. Een toenemen van de gasprijs met 10 ct per m³ betekent dat elke geproduceerde kWh ongeveer 2 ct duurder wordt. Doordat de stroom van het net dan ongeveer 3 ct per kWh in prijs zal stijgen, wordt het juist bij hogere energieprijzen aantrekkelijk om zelf elektriciteit op te wekken met TE-installaties.

Belichten van gewassen

Belichten van tuinbouwgewassen is interessant, wanneer een verhoging van de geldopbrengst opweegt tegen de extra kosten die met het belichten samenhangen. Bij een belichtingsintensiteit van 60 kWh per m² per jaar, wat veel voorkomt, bedragen de kosten via het openbare net ongeveer 15 gulden per m². Bij een te verwachten opbrengstverhoging van 20% moeten geldopbrengsten van tenminste 90 gulden per m² worden gerealiseerd. Wanneer toepassing van TE's het belichten tegen geringere kosten mogelijk maakt, en dat zal meestal het geval zijn, dan wordt het belichten al interessant bij evenredig lagere geldopbrengsten.

Nieuwe ontwikkelingen

Nieuwe ontwikkelingen zijn gericht op het verbeteren van de vermogensregeling van TE's; het verbeteren van de installaties zodat ze minder belastend voor het milieu zijn; en het verbeteren van de motoren door toepassing van de turbo-techniek. Bepalend voor de verdere perspectieven van TE-installaties in de glastuinbouw is welke verbetering van de geldopbrengst met belichten kan worden verkregen. Voor de verschillende sectoren (plantenopkweek, potplanten, snijbloemen en groenten) maar ook voor de verschillende gewassen lopen de mogelijkheden vaak sterk uiteen. Het is bovendien niet zo dat onrendabele teelten door belichten opeens interessant worden, of dat belichten een uitkomst zou zijn voor ondernemers die het hoofd moeilijk boven water kunnen houden. Veeleer zal op bedrijven waar gunstige ervaringen zijn opgedaan met het belichten van gewassen een geleidelijke specialisatie naar deze teelten plaatsvinden.

Bijlagen

Bijlage 1 Weergave van een aantal belangrijke kengetallen uit de inventarisatie

VOLGNR	GEWAS	OFF	ELEKTR	ELVRM	ELPRODH	GAS kWh	TOTK	TOTKKW	DRAAIJRN	LEVDUUR	ONDKRU	ONDKWH	RKGTMP
1	*	5.0	110	25	13	0.495	78	3120	8400	10	0.85	6.5	60
2	tomaat	20.7	175	29	21	0.452	36	1255	6700	10	1.01	4.8	*
3	tomaat	16.0	125	18	18	0.500	43	2361	6000	10	0.85	4.7	23
4	tomaat	21.0	147	25	25	0.450	60	2400	4000	*	0.90	3.6	*
5	komkomr	25.6	222	40	25	*	*	*	6000	10	*	*	58
6	komkomr	24.0	270	32	*	*	20	625	*	15	*	*	30
7	paprika	12.5	200	45	*	*	105	2331	*	10	*	*	*
8	paprika	8.2	*	38	*	*	100	2632	*	*	*	*	*
9	roos	36.0	240	36	20	0.545	73	2028	5500	*	0.97	4.9	60
10	roos	7.0	130	28	28	0.536	15	536	4500	*	1.00	3.6	400
11	roos	16.5	140	47	*	*	77	1636	8500	10	1.50	*	*
12	roos	56.0	250	70	23	0.425	110	1571	8600	8	1.82	7.8	35
13	roos	15.0	200	48	*	*	60	1250	*	20	*	*	*
14	roos	11.5	120	20	20	0.345	46	2300	5800	15	0.85	4.3	40
15	chrysant	13.0	242	*	94	0.273	145	*	2000	10	*	*	390
16	chrysant	10.0	132	15	15	0.400	23	1507	4000	10	0.85	5.7	95
17	chrysant	20.0	180	48	32	*	48	1004	5000	10	1.60	5.0	*
18	chrysant	9.0	100	30	20	*	27	883	3800	*	*	*	*
19	chrysant	25.0	375	45	39	0.404	90	2000	5754	7	0.78	2.0	*
20	freesia	40.0	1500	372	340	0.353	550	1478	5000	10	6.80	2.0	*
21	freesia	20.0	150	15	15	0.400	24	1600	6000	10	1.05	7.0	80
22	lelie	47.0	*	550	267	*	1150	2091	3000	30	*	*	*
23	lelie	39.0	3000	*	862	*	650	*	3400	20	5.88	0.7	600
24	lelie	20.4	*	751	*	*	1200	1598	3800	*	*	*	600
25	lelie	12.0	340	100	100	*	79	785	2000	15	1.60	1.6	30
26	lelie	8.0	500	95	60	*	136	1432	7500	5	2.00	3.3	40
27	potplant	19.4	150	48	*	*	*	*	6000	*	*	*	*
28	potplant	9.0	200	76	67	*	155	2039	3000	15	*	*	800
29	potplant	13.0	705	86	70	0.336	106	1233	8500	10	2.10	3.0	*
30	potplant	20.0	227	47	27	0.516	69	1468	7000	5	0.77	2.9	40
31	potplant	13.0	100	33	*	*	29	879	*	10	*	*	*
32	potplant	20.0	90	18	*	*	50	2778	7000	*	0.85	*	*
33	potplant	7.0	120	45	*	*	80	1778	7000	5	1.74	*	40
34	potplant	16.0	179	38	38	0.500	63	1668	2270	10	1.15	3.0	*

Bijslage 1 (vervolg)

VOLGNR	GEWAS	OPP	ELEKTR	ELVRM	ELPRODH	GAS kWh	TOTK	TOTKkW	DRAAIURN	LEVDUUR	ONDKU	ONDKW/h	RKGTEMP
35	potplant	16.0	*	32	*	*	61	1900	*	6	*	*	35
36	potplant	4.0	40	35	*	*	20	571	5000	3	0.20	*	50
37	potplant	45.0	420	45	36	*	*	*	5050	*	2.60	7.3	*
38	potplant	20.0	*	189	*	*	*	*	8000	7	*	*	40
39	potplant	35.0	948	215	161	0.365	313	1456	3800	15	2.00	1.2	100
40	potplant	10.0	95	28	23	0.431	65	2321	6018	7	1.14	5.0	*
41	plntopkW	92.0	600	86	*	*	*	*	8200	10	*	*	125
42	plntopkW	12.0	*	285	*	*	275	965	3000	20	1.67	*	60
43	plntopkW	37.8	917	244	172	*	335	1373	4000	10	*	*	250
44	plntopkW	12.5	2125	285	248	0.325	400	1404	8000	12	15.14	6.1	550
45	bolverw	*	1300	200	150	0.500	550	2750	8000	15	1.50	1.0	120

Bijlage 2 Weergave van een aantal belangrijke kengetallen uit de inventarisatie

VOLGNR	GEWAS	OPP x 1000 m2	GASH m3/ m2	CONDENS type	elikt. verbr kWh/m2	vermogen TE in kW	aandeel belicht in %	draai- uren /jaar	eigen prod. % tot.	type vermogens regeling	eigen verbr. in %	terug- levering in %
1	*	5.0	70.0	enkel	22.0	25	0	8400	100	eiland	100	0
2	tomaat	20.7	53.1	enkel	8.5	29	*	6700	81	parr-	100	0
3	tomaat	16.0	35.0	combi	7.8	18	85	6000	86	parr+	77	23
4	tomaat	21.0	55.0	combi	7.0	25	0	4000	68	parr+	90	10
5	konkomar	25.6	64.1	combi	8.7	40	0	6000	68	parr+	96	4
6	konkomar	24.0	37.5	combi	11.3	32	0	*	*	parr-	*	*
7	paprika	12.5	34.8	geen	16.0	45	*	*	85	parr-	100	0
8	paprika	8.2	42.7	enkel	*	38	*	*	*	parr-	100	*
9	roos	36.0	40.0	enkel	6.7	36	0	5500	46	parr-	100	0
10	roos	7.0	28.6	enkel	18.6	28	*	4500	97	parr-	100	0
11	roos	16.5	52.5	combi	8.5	47	*	8500	*	parr-	100	0
12	roos	56.0	40.0	combi	4.5	70(32+38)	80	8600	80	eiland	90	10
13	roos	15.0	50.0	combi	13.3	48	*	*	100	eiland	100	0
14	roos	11.5	43.5	combi	10.4	20	0	5800	97	parr+	63	37
15	chrysant	13.0	*	geen	18.6	*	90	2000	77	parr-	100	0
16	chrysant	10.0	33.4	combi	13.2	15	41	4000	45	parr+	91	9
17	chrysant	20.0	31.0	combi	9.0	48	45	5000	89	parr+	99	1
18	chrysant	9.0	30.0	enkel	11.1	30	*	3800	76	eiland	100	0
19	chrysant	25.0	40.0	combi	15.0	45	85	5754	59	parr-	100	0
20	freesia	40.0	37.5	geen	37.5	372(186+186)	*	5000	113	parr+	59	41
21	freesia	20.0	20.0	combi	7.5	15	5	6000	60	parr+	83	17
22	lilie	47.0	33.4	combi	*	550(275+275)	90	3000	*	eiland	100	0
23	lilie	39.0	19.2	combi	76.9	208(104+104)	90	3400	98	eiland	100	0
24	lilie	20.4	39.2	combi	*	751(400+251+100)	80	3800	*	eiland	*	*
25	lilie	12.0	33.3	combi	28.3	100(50+50)	100	2000	59	parr-	100	0
26	lilie	8.0	50.0	enkel	62.5	95	70	7500	90	parr-	100	0
27	potplant	19.4	60.0	combi	7.7	48	0	6000	*	eiland	*	*
28	potplant	9.0	50.0	combi	22.2	76(61+15)	80	3000	100	*	90	10
29	potplant	13.0	61.5	enkel	54.2	86	100	8500	84	eiland	100	0
30	potplant	20.0	47.5	enkel	11.4	47	*	7000	82	parr-	100	0
31	potplant	13.0	50.0	combi	7.7	33	0	*	*	eiland	*	*
32	potplant	20.0	45.0	enkel	4.5	18	0	7000	*	parr+	*	*
33	potplant	7.0	50.0	enkel	17.1	45	60	7000	*	parr+	*	*

Bijlage 2 (vervolg)

VOLGNR	GEWAS	OPF x 1000 m ²	GASM m ³ / m ²	CONDENS type	elekt. verbr kWh/m ²	vermogen TE in kW	aandeel belicht in %	draai- uren /jaar	eigen prod. % tot.	type vermogens regeling	eigen verbr. in %	terug- levering in %
34	potplant	16.0	55.4	enkel	11.2	38	0	2270	48	parr-	100	0
35	potplant	16.0	40.6	enkel	*	32	*	*	*	parr+	*	*
36	potplant	4.0	0.0	*	10.0	35	0	5000	*	eiland	*	*
37	potplant	45.0	33.3	combi	9.3	45	*	5050	43	parr-	100	0
38	potplant	20.0	28.0	combi	*	189(63+63+63)	30	8000	*	eiland	*	*
39	potplant	35.0	40.1	combi	27.1	215(130+85)	70	3800	64	parr-	100	0
40	potplant	10.0	35.0	enkel	9.5	28	0	6018	144	parr+	47	53
41	plntopkW	92.0	60.0	combi	6.5	86	30	8200	*	parr-	*	*
42	plntopkW	12.0	100.0	enkel	*	285	*	3000	*	eiland	*	*
43	plntopkW	37.8	52.9	combi	24.3	244(264+120)	60	4000	75	parr-	100	0
44	plntopkW	12.5	108.0	geen	170.0	285	15	8000	93	parr+	91	9
45	bolverw	*	*	enkel	*	200	10	8000	92	parr+	100	0

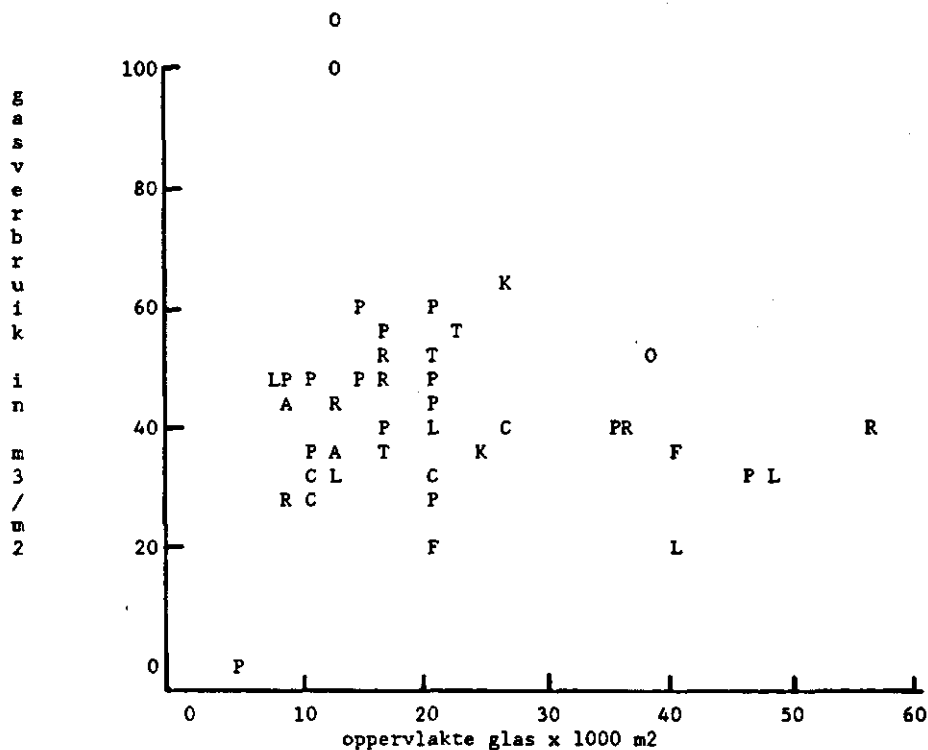
Bijlage 3

T= tomat
K= komkommer
A= paprika

R= roos
C= chrysant
F= freesia

L= lelie
P= potplant
O= plantenopkweek

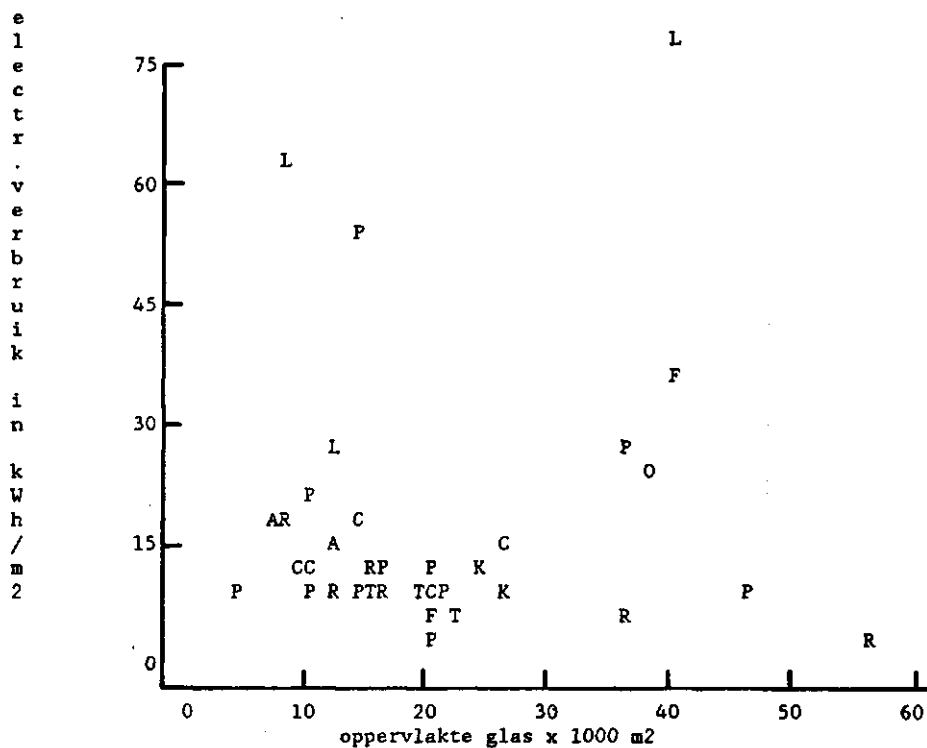
B= bolverwerking



Figuur 1 Verband tussen bedrijfsgrootte en gasverbruik per m²/jaar van een aantal glastuinbouwbedrijven met TE-installaties met uiteenlopende hoofdgewassen.

Bijlage 3 (1e vervolg)

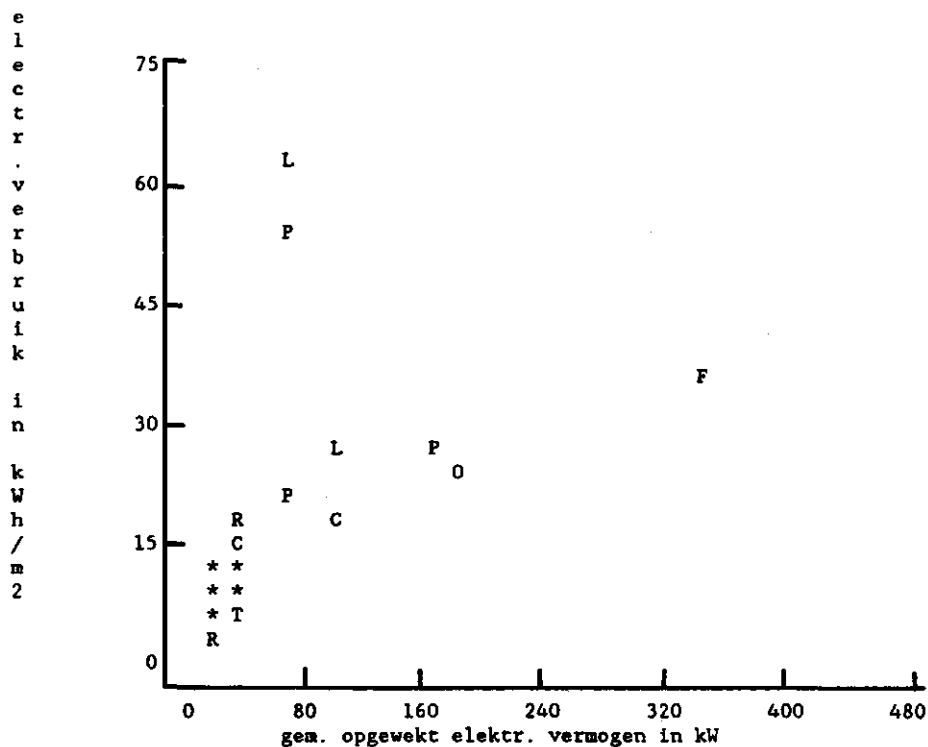
T= tomat	R= roos	L= lelie	B= bolverwerking
K= komkommer	C= chrysant	P= potplant	
A= paprika	F= freesia	O= plantenopkweek	



Figuur 2 Verband tussen bedrijfsgrootte en elektriciteitsverbruik per m²/jaar van een aantal glastuinbouwbedrijven met TE-installaties met uiteenlopende hoofdgewassen

Bijlage 3 (2e vervolg)

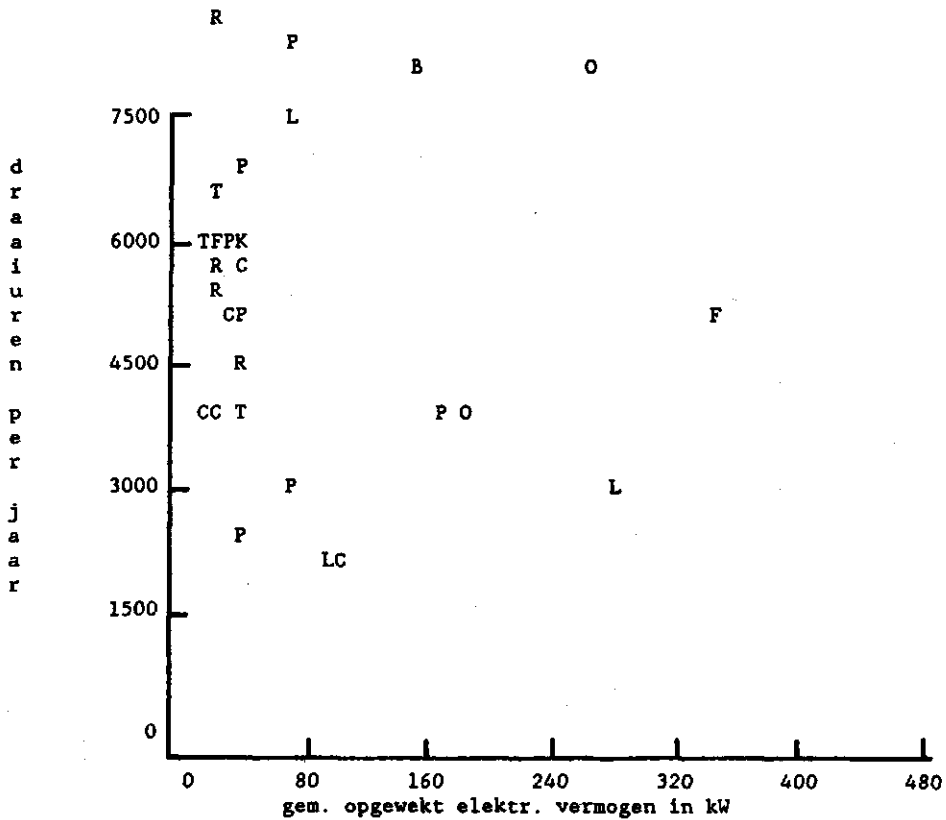
T- tomaat	R- roos	L- lelie	B- bolverwerking
K- komkommer	C- chrysant	P- potplant	
A- paprika	F- freesia	O- plantenopkweek	



Figuur 3 Verband tussen het gemiddeld opgewekt elektrisch vermogen in kW van TE-installaties en het elektriciteitsverbruik per m²/jaar van een aantal glastuinbouwbedrijven met TE-installaties met uiteenlopende hoofdgewassen

Bijlage 3 (3e vervolg)

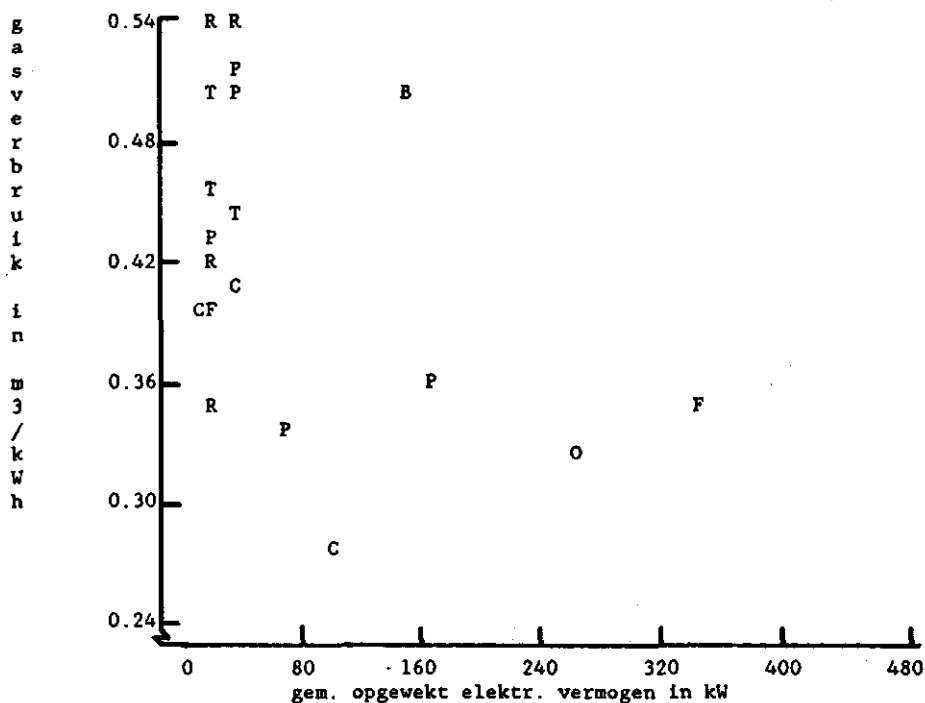
T- tomaat	R- roos	L- lelie	B- bolverwerking
K- komkommer	C- chrysant	P- potplant	
A- paprika	F- freesia	O- plantenopkweek	



Figuur 4 Verband tussen het gemiddeld opgewekt elektrisch vermogen in kW en het aantal draaiuren per jaar van een TE-installatie op een aantal glas-tuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Bijlage 3 (4e vervolg)

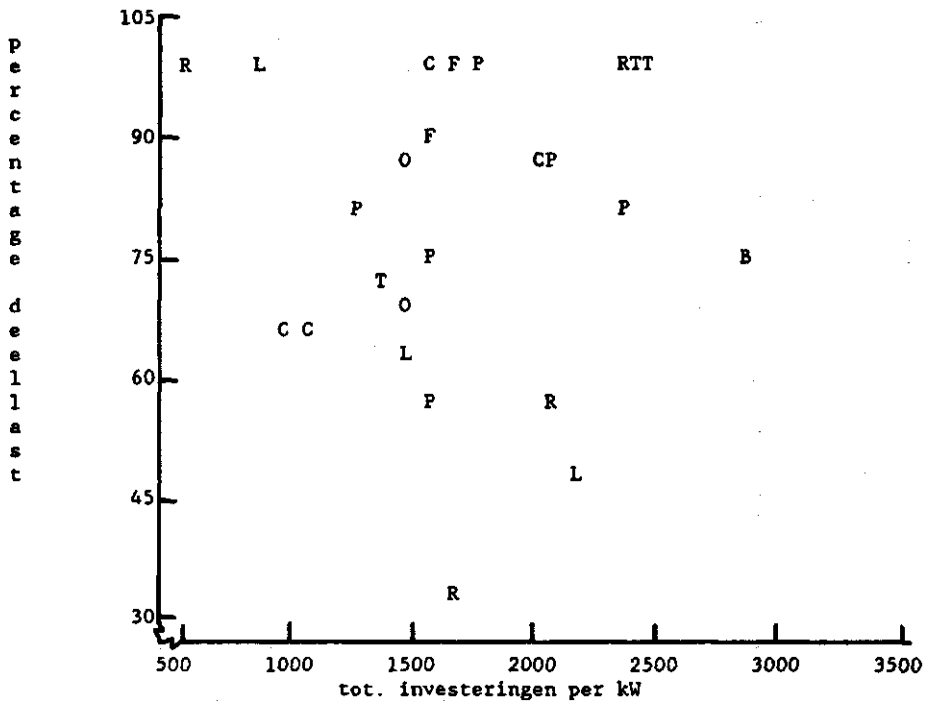
T- tomaat	R- roos	L- lelie	B- bolverwerking
K- komkommer	C- chrysant	P- potplant	
A- paprika	F- freesia	O- plantenopkweek	



Figuur 5 Verband tussen het gemiddeld opgewekte elektrisch vermogen in kW en het gasverbruik in m³ per 100 kWh van TE-installaties op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Bijlage 3 (5e vervolg)

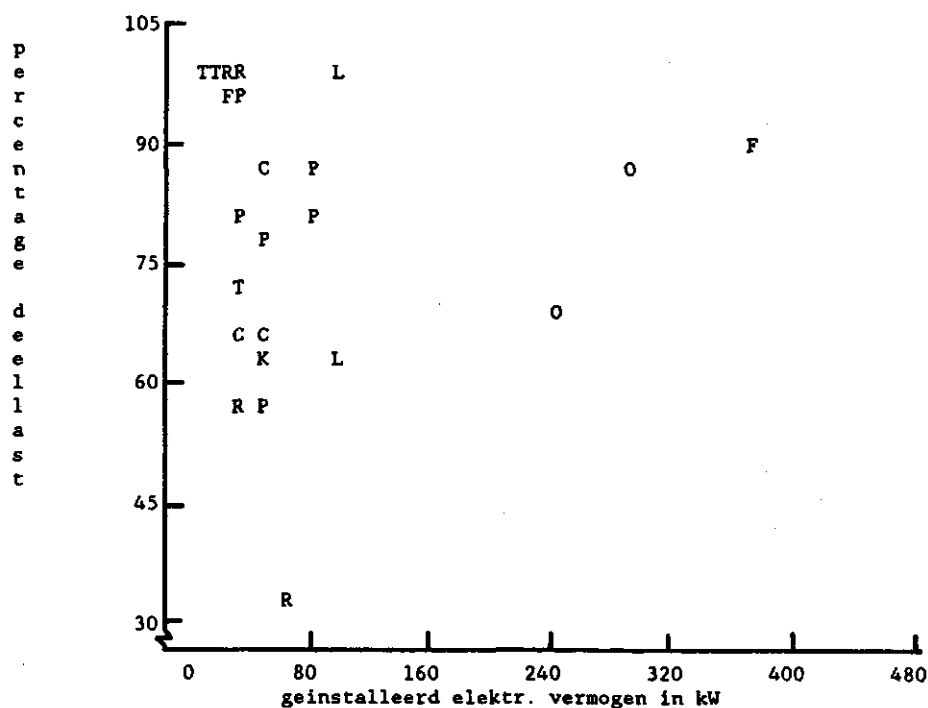
T= tomaat	R= roos	L= lelie	B= bolverwerking
K= komkommer	C= chrysant	P= potplant	
A= paprika	F= freesia	O= plantenopkweek	



Figuur 6 Verband tussen het geïnstalleerd elektrisch vermogen in kW en het gemiddelde percentage deellast per jaar van TE-installaties op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Bijlage 3 (6e vervolg)

T- tomat	R- roos	L- lelie	B- bolverwerking
K- komkommer	C- chrysant	P- potplant	
A- paprika	F- freesia	O- plantenopkweek	



Figuur 7 Verband tussen het geïnstalleerd elektrisch vermogen in kW en het gemiddelde percentage deellast per jaar van TE-installaties op een aantal glastuinbouwbedrijven met uiteenlopende hoofdgewassen

Literatuur

Benninga, J.

"Leveringsvoorwaarden bij de toepassing van afval- en restwarmte"
Den Haag, LEI, 1987, Mededeling 367

Huijs, J.P.G., P. Kaspers

"Warmte/kracht - verhouding in de tuinbouw"
Wageningen, IMAG, 1985, Publikatie 211

Vernooy, C.J.M.

"Zelf elektriciteit opwekken met "Total Energy"-installaties. Een
rekenmodel"
Den Haag, LEI, 1987, Interne Nota 331

Legenda

TE	=	Total Energy installatie
OPP	=	Oppervlakte staand glas x 1.000 m ²
ELEKTR	=	Totaal elektrischverbruik van het bedrijf x 1.000 kWh per jaar
ELVRM	=	Elektrisch vermogen van de TE-installatie(s) in kW per bedrijf
ELPROD	=	Elektriciteitsproduktie van de TE-installatie(s) in kW per bedrijf
GAS-kWh	=	Gasverbruik in m ³ per geproduceerde kWh
TOTINV	=	Totale investeringen in TE-installatie(s) x 1.000 gld per bedrijf
TOTIkW	=	Totale investeringen in gld per kW elektrisch ver- mogen
DRAAIUNR	=	Aantal draaiuren dat de TE per jaar maakt
LEVDUUR	=	Levensduur in jaren waarvan de ondernemer uitgaat
ONDHKU	=	Onderhouds- en verzekeringskosten in guldens per draaiuur
ONDKWh	=	Onderhouds- en verzekeringskosten in cent per gepro- duceerde kWh
RKGTEMP	=	Temperatuur van de rookgassen
GASM	=	Gasverbruik in m ³ /m ² per bedrijf
CONDENS	=	Type rookgascondensor dat op het bedrijf voorkomt Geen = Geen rookgascondensor Enkel = Condensor op retour Combi = Condensor op retour en apart net
kWe	=	Elektrisch vermogen in kW
kWh	=	Thermisch vermogen in kW
Type vermogensregeling	=	Eiland = eilandbedrijf Parr- = parrallel zonder terugleve- ring Parr+ = parrallel met teruglevering aan het openbare net